MORPHOLOGISCHE UNTERSUCHUNG DER HALSWIRBELSÄULE (C3-C7) AM RÖNTGENBILD

Dissertation
zur Erlangung des Grades eines Doktors der Zahnmedizin
der Medizinischen Fakultät der Universität Düsseldorf

vorgelegt von Norbert Verbeek

1982

UNIV.
LEIDEN
BIBL.

Digitized by the Internet Archive
in 2026

https://archive.org/details/IA41535716_0070

Aus der Orthopädischen Klinik der Universität Düsseldorf
Direktor: Prof. Dr. K. P. Schulitz

MORPHOLOGISCHE UNTERSUCHUNG DER HALSWIRBELSÄULE (C_3-C_7) AM RÖNTGENBILD

Dissertation
zur Erlangung des Grades eines Doktors der Zahnmedizin
Der Medizinischen Fakultät der Universität Düsseldorf

vorgelegt von
Norbert Verbeek

1982

Gedruckt mit Genehmigung der Medizinischen Fakultät der
Universität Düsseldorf

Der Dekan
der Medizinischen Fakultät
der Universität Düsseldorf

gez. Prof. Dr. Gunther Arnold

Der Referent

gez. Privatdozent Dr. Gerhard Lenz

Der Korreferent

gez. Prof. Dr. Ingrid Podlesch

Gewidmet meinen Eltern und
meiner Frau Birgitt

I N H A L T S V E R Z E I C H N I S

		Seite
1.	E I N L E I T U N G	3
2.	A L L G E M E I N E R T E I L	5
2.1.	Entwicklungsgeschichte der Halswirbelsäule	5
2.2.	Normale Anatomie der Halswirbelsäule	6
2.2.1.	Wirbelkörper	6
2.2.2.	Zwischenwirbelscheibe	8
2.2.3.	Wirbelbogen	11
2.2.4.	Bandverbindungen	14
2.3.	Die degenerativen Veränderungen der Halswirbelsäule	15
2.3.1.	Spondylosis deformans	15
2.3.2.	Chondrose - Osteochondrose	18
2.3.3.	Intervertebral-Arthrose (Arthrosis deformans)	21
2.3.4.	Uncovertebral-Arthrose (Arthrosis uncovertebralis)	23
2.4.	Röntgenologische Aufnahmetechniken der Halswirbelsäule	25
2.4.1.	Anterior-posteriore Übersichtsaufnahme	26
2.4.2.	Seitliche Übersichtsaufnahme	26
2.4.3.	Schrägaufnahme	28
2.5.	Röntgenologische Meßmethoden	29
2.5.1.	Wirbelkörper	29
2.5.2.	Zwischenwirbelraum (Bandscheibenhöhe)	30
2.5.3.	Wirbelkanal	33
2.5.4.	Intersegmentalwinkel	35
2.5.5.	Lordosegrade	36

Seite

3. S P E Z I E L L E R T E I L 41

3.1. Material und Methode 41

3.1.1. Definition bzw. Konstruktion der Meßstrecken und Winkel (Punkt 1 - 12) 44

3.1.2. Einteilung der degenerativen Veränderungen in Schweregrade (Punkt 1 - 4) 52

3.2. Ergebnisse 56

3.2.1. Wirbelkörpermaße 56

3.2.2. Höhe und Abstand der Uncovertebralfortsätze 62

3.2.3. Sagittaler Wirbelkanaldurchmesser 64

3.2.4. Bandscheibenhöhe 65

3.2.5. Horizontaler und vertikaler Zwischenwirbellochdurchmesser 67

3.2.6. Intersegmentalwinkel 69

3.2.7. Lordosegrade 69

3.2.8. Dornfortsatzwinkel 72

3.2.9. Spondylosis deformans 74

3.2.10. Chondrose - Osteochondrose 76

3.2.11. Intervertebral-Arthrose (Arthrosis deformans) 79

3.2.12. Uncovertebral-Arthrose (Spondylosis uncovertebralis) 81

4. D I S K U S S I O N

4.1. Anatomie der Halswirbelsäule und ihre morphometrischen Formabweichungen 85

4.2. Degenerative Veränderungen der Halswirbelsäule 92

5. Z U S A M M E N F A S S U N G 97

6. L I T E R A T U R V E R Z E I C H N I S 100

A N H A N G

1. E I N L E I T U N G

Den Tribut für das Naturgeschenk des aufrechten Ganges (REISCHAUER 1953), für die Erweiterung des Blickfeldes, dank dem Freiwerden der Hände (RIZZI 1979), stellen die schicksalsmäßigen Aufbrauchs- und Umbauerscheinungen der menschlichen Wirbelsäule dar (EXNER 1954).

Die Halswirbelsäule ist der grazilste und beweglichste Teil des ganzen Rumpfskeletts. Sie stellt gewissermaßen die "fünfte Extremität" dar (BÄRTSCHI-ROCHAIX 1949), von der der Kopf frei balanciert und in einem labilen Gleichgewicht gehalten wird.

Obwohl die statischen Belastungen der cervicalen Bewegungssegmente im Gegensatz zu der restlichen Wirbelsäule sehr gering sind, sind die Folgen der lebensüblichen Dauerbeanspruchung verhältnismäßig hoch (EXNER 1954).

Die Eigenheit der Halswirbelsäule in Bau und Funktion hat sie immer wieder in den Mittelpunkt der Wirbelsäulenforschung gestellt.

In der Literatur existieren bisher viele röntgenologische Betrachtungen über die Halswirbelsäule, die zum Teil zu unterschiedlichen Ergebnissen kommen. Aus diesem Grunde stellt diese Arbeit den Versuch dar, die Vielzahl der Einzelbeiträge über die Anatomie und die degenerativen Erscheinungsformen anhand eigener Untersuchungen an dem zur Verfügung stehenden Halswirbelsäulenmaterial zu

untersuchen, aufzuarbeiten und zusammenzufassen.

Die Halswirbelsäule soll mit Ausnahme der beiden ersten Halswirbel Atlas und Epistropheus (Axis), die ihren besonderen Funktionen entsprechend, sich sowohl in der Entwicklungsgeschichte als auch in der Anatomie von der übrigen Halswirbelsäule unterscheiden, im Röntgenbild betrachtet werden.

Es werden detaillierte morphometrische Vermessungen an den Halswirbeln C_3 bis C_7 und an den Bandscheiben $C_{2/3}$ bis C_7/Th_1 durchgeführt und die Lokalisation und Verteilung degenerativer Veränderungen der Halswirbelsäule untersucht.

2. A L L G E M E I N E R T E I L

2.1. Entwicklungsgeschichte der Halswirbelsäule (C_3-C_7)

Die Uncovertebralverbindungen (BÄRTSCHI-ROCHAIX 1949) und die horizontalen Bandscheibenspalten sind die wichtigsten anatomischen Besonderheiten, in denen sich die Entwicklung der Halswirbelsäule von den anderen Wirbelsäulenregionen unterscheidet.
TÖNDURY (1943) ist der erste, der zwischen dem Aufrichten der Uncovertebralfortsätze und der Entstehung der lateralen Bandscheibenspalten einen causalen Zusammenhang sieht.

Solange sich die leistenartigen Knochenkämme noch nicht aufgerichtet haben, liegen sie als Teil des Wirbelbogens außerhalb der Bandscheiben und ragen frei in das paravertebrale Gewebe. Zu dieser Zeit sind die Bandscheiben ohne jede Spalt- bzw. Rißbildung. Erst um das 9. Lebensjahr verschmelzen die Uncovertebralfortsätze mit dem Wirbelkörper (TÖNDURY 1958, ECKLIN 1960) und beginnen sich unter Bildung seitlicher Bandscheibenspalten aufzustellen (OROFINO und Mitarbeiter 1960).
Im Gegensatz zu LUSCHKA (1858), der diese seitliche gelenkähnliche Verbindung zu den Halbgelenken (Hemiarthrosis intervertebralis lateralis) zählt, TROLARD (1898), der den Namen "Uncovertebralgelenk" einführt, GIRAUDI (1931), KROGDAHL und TORGERSEN (1940) und COMPERE (1959), sehen sowohl TÖNDURY (1958) als auch ECKLIN (1960) in den "Uncovertebralspalten" keine echten Gelenke, sondern "sekundär" entstandene Spaltbildungen funktioneller Art.

RATHCKE (1933) verneint die Existenz gelenkähnlicher Gebilde, er findet nur Rißbildungen. Dieser Meinung schließen sich FRYKHOLM (1951), EXNER (1954), PAYNE und SPILLANE (1957) und HADLEY (1957) in ihren Untersuchungen der unteren Halswirbelsäule an.
ECKLIN (1960) gibt zu bedenken, daß die seitlichen Spalten zwar die Beweglichkeit der Halswirbelsäule begünstigen, gleichzeitig aber den Keim für weitere folgenschwere Veränderungen in sich tragen, indem sie die Tendenz haben, weiterzugreifen und zu queren die ganze Bandscheibe durchsetzenden Spalten zu werden.

2.2. Normale Anatomie der Halswirbelsäule (C_3-C_7)

Bei der Beschreibung der anatomischen Verhältnisse der Halswirbelsäule wird nur auf das "Bewegungssegment" eingegangen.
JUNGHANNS (1951) versteht unter dem "Bewegungssegment" eine Baueinheit der Wirbelsäule, welche die craniale bzw. caudale Hälfte zweier benachbarter Wirbelkörper samt ihren Knorpelplatten und der dazwischenliegenden Bandscheibe, aber auch die Wirbelbogen mit den Wirbelgelenken umfaßt. Im weiteren Sinne können auch die Bandverbindungen und die Zwischenwirbelkanäle dazu gerechnet werden (ECKLIN 1960).

2.2.1. Wirbelkörper

Die typische Form des Halswirbelkörpers läßt sich nach EXNER (1954) und DREXLER (1962) am besten von

einem mittleren Halswirbelkörper (HWK 5) ableiten.

In der Literatur wird die Form des Cervicalwirbels unterschiedlich beschrieben. WEBER (1894) sieht den Halswirbel als Keil, PSCHIRRER (1968) spricht von einem kontinuierlichen Übergang von der jugendlichen Keilform in die Rechteckform des Erwachsenen. BARDELEBEN (1896) erwähnt das erste Mal die "Pyramidenform" des cervicalen Wirbels, diesen Terminus greift EXNER (1954) wieder auf.

Die Pyramidenform bzw. Keilform bedingen eine Verbreiterung des Körpers nach caudal, wobei Vorderfläche und Hinterfläche des Körpers mit den Abschlußplatten einen verschieden großen Winkel einschließen, d.h. die Vorderfläche springt nach caudal ventralwärts vor, während die Hinterfläche senkrecht steht. Auch der quere Durchmesser nimmt nach caudal etwas zu (EXNER 1954).
ENGLAND (1971) bemerkt, daß die Wirbelkörper des Halses sehr schmal und transversal fast doppelt so breit sind wie in anterior-posteriorer Richtung. Die Deckplatte ist meist sagittal und transversal konkav, die Bodenplatte nur sagittal.

Röntgenanatomische Studien von DREXLER (1962) ergeben für den 5. Halswirbelkörper im Mittelwert für die Deckplattenbreite 16,4 mm und für die Bodenplattenbreite 17,7 mm. DECKING und ter STEEGE (1975) messen für die Deckplatte (HWK 5) eine Breite von 18,1 mm (männl.) und 15,7 mm (weibl.), für die Bodenplattenbreite 19,5 mm (männl.) und 17,4 mm (weibl.).

DISSE (1909), BUETTI-BÄUML (1954) und DREXLER (1962) können bei ihren Untersuchungen keine Differenz zwischen der vorderen und der hinteren Wirbelhöhe

feststellen.
Nur DECKING und ter STEEGE (1975) geben für die ventrale Wirbelkörperhöhe (HWK 5) 15,6 mm (männl.) und 14,0 mm (weibl.), für die dorsale Höhe 16,9 mm (männl.) und 15,4 mm (weibl.) an.

Insgesamt stellt man eine Breitenzunahme der Wirbelkörper von cranial nach caudal fest, während sich die Höhe kaum verändert. Der besonders breite 7. Halswirbelkörper ist sogar etwas niedriger als die übrigen (EXNER 1954).
Nach HOLITSCH (1930) sind der 5. als auch der 6. HWK um 2-3 mm niedriger als die benachbarten. Die Höhenminderung von HWK 5 und 6 wird durch Messungen von DREXLER (1962) , FRIED (1966) und DECKING und ter STEEGE (1975) bestätigt. PSCHIRRER (1968) stellt jedoch hauptsächlich bei HWK 4 und HWK 5 einen solitären "niedrigen Wirbel" fest.

Die Wirbelkörper haben auf der Oberseite leicht seitwärts verlaufende, schaufelartige Erhebungen, die "processus uncinati" (TROLARD 1898), auch "processus lunati" genannt (GIRAUDI 1931). Durch sie erhalten die Wirbelkörperoberflächen eine von oben nach unten immer breiter und flacher werdende Sattelwölbung. Dieses Phänomen wird durch die Unterschiede in Form und Stellung der processus uncinati bewirkt. EXNER (1954) gibt folgende Längen für die Hakenfortsätze an: HWK 3 7 mm, HWK 4 4-5 mm.

2.2.2. Zwischenwirbelscheibe

Die fünf Bandscheiben sind nicht nur wichtige formative Bausteine der Halswirbelsäule, die deren

Länge und charakteristische Haltung beeinflussen, sondern stellen darüber hinaus ein spezifisches Bindeglied der Wirbelsäule dar (DREXLER 1962).

Die Bandscheibe besteht aus zwei verschiedenen Anteilen, dem Faserring (anulus fibrosus) und dem zentral liegenden Gallertkern (nucleus pulposus). Eine feste Verbindung zwischen den Wirbelkörpern und den Zwischenwirbelscheiben gewährleisten die Sharpeyschen Fasern des Faserrings, die in den Randleistenknochen einstrahlen. SCHIEBLER (1977) bezeichnet diese Verbindung als "Synchondrose" bzw. Symphysis vertebralis".
Der Gallertkern besteht aus undeutlich faserigen, schleimigen Massen (80 % Wasser) (KEYES und COMPERE 1932). Seine Wirkung ist ebenso wichtig für die belastete, wie für die unbelastete und unbewegte Wirbelsäule (TÖNDURY 1947). "Die Bandscheibe lebt von der Bewegung" (JUNGHANNS 1975). Durch seinen ihm eigenen Turgor (Quellungsdruck, Sprengkraft) wird das unelastische Gewebe der Bandscheibe elastisch und schwingungsfähig. JUNGHANNS (1952) faßt die Funktion der Zwischenwirbelscheibe folgendermaßen zusammen: "Der Gallertkern ist das Gelenk, das zwischen den Wirbelkörpern eingeschaltet ist, und die Faserringe sind gewissermaßen die Haltebänder (Gelenkbänder), die die beiden Wirbelkörper aneinanderklammern."
Die Bandscheibe ist gefäßlos (bradytroph). Die Ernährung der Zwischenwirbelscheibe erfolgt per diffusionem durch die feinen Poren (lamina cribrosa) der Wirbelkörperabschlußplatten.

Durch die Existenz der processus uncinati nehmen die Halswirbelbandscheiben eine Sonderstellung ein.

Zwischen den leistenartigen Fortsätzen, die dem oberen Rand der fünf letzten Halswirbelkörper seitlich aufsitzen und den lateralen Unterkanten des jeweiligen höheren Wirbelkörpers liegt ein kurzer, senkrechter bis leicht schräg verlaufender Spalt, der nicht von Bandscheibengewebe ausgefüllt ist. Die Rißbildung in den drei oberen Zwischenwirbelscheiben entstehen schon am Ende der ersten Lebensdekade (TÖNDURY 1955, ECKLIN 1960, BROCHER 1970), während sie in den unteren cervicalen Bandscheiben erst später auftreten oder sogar vollkommen fehlen können.

Die Halswirbelbandscheiben haben in der Seitansicht ein keilförmiges Aussehen.

Die geringste Höhe der Zwischenwirbelscheibe wird im Röntgenseitbild hinten gemessen, während die Bandscheibe vorne um 1/3 höher ist als hinten, aber niedriger als in der Mitte.

DECKING und ter STEEGE (1975) geben z.B. für die Zwischenwirbelscheibenhöhe im Mittelwert folgende Werte an: dorsale Höhe für $C_{4/5}$ 3,9 mm (männl.) und 3,6 mm (weibl.), ventrale Höhe für $C_{4/5}$ 5,5 mm (männl.) und 4,9 mm (weibl.). DREXLER (1962) gibt die Höhe der Bandscheibe in der Mitte als "mittlere Höhe" (MARTIN-SALLER 1957) an, z.B. für $C_{4/5}$ 6 mm (männl.) und 5,9 mm (weibl.).

Nach WEBER (1894) sind sämtliche Zwischenwirbelabschnitte der Halswirbelsäule zusammen vorne um 7,8 mm höher als hinten. Die durchschnittliche vordere Höhe aller Bandscheiben von $C_{2/3}$ bis C_7/Th_1 beträgt 24,4 mm, die durchschnittliche hintere Höhe 18,2 mm (DREXLER 1962).

In frontaler Richtung zeigt die cervicale Zwischenwirbelscheibe "Schalenform", auch hier weist sie ihre größte Höhe in der Mitte auf.

Im Laufe des Alters verlieren die Bandscheiben an Höhe, am auffälligsten im Segment $C_{5/6}$ (DREXLER 1962, BOWDEN 1966, RIZZI 1979).

2.2.3. Wirbelbogen

Von der dorso-lateralen Zirkumferenz des Wirbelkörpers entspringt die Bogenwurzel. Sie zieht nach hinten außen und biegt dann als Bogenschenkel nach medial, um sich mit demjenigen der anderen Seite zu verbinden (EXNER 1954).

Geht man vom Wirbelkörper aus, lassen sich am "arcus vertebralis" folgende Anteile unterscheiden: Bogenwurzel, ein kräftiges Seiten- oder Gelenkstück mit den Gelenk- und Querfortsätzen und die "lamina arcus" mit dem unpaaren Dornfortsatz.

Der Wirbelkörper und der Wirbelbogen begrenzen das "foramen vertebrae", das einem gleichschenkligen Dreieck mit der Basis am Wirbelkörper ähnelt (EXNER 1954).

Viele Autoren haben sich mit dem Wirbelkanal und seinen Formveränderungen beschäftigt, da er das Rückenmark enthält. Im Rahmen der Wirbelkanalmessungen geben für den sagittalen Durchmesser, z.B. bei C_3 bzw. C_5 BOIJSEN (1954) 19,0 mm bzw. 18,25 mm; PAYNE und SPILLANE (1957) 18,35 mm bzw. 17,45 mm; BURROWS (1963) 18,5 mm bzw. 17,7 mm und

DECKING und ter STEEGE (1975) 20,0 mm bzw. 19,1 mm an. Letztere beschränken sich allerdings nur auf die Altersgruppe 3 - 25 Jahre.
ELSBERG und DYKE (1934) messen in transversaler Richtung, können jedoch aus technischen Gründen nur Werte ab C_4 angeben; für den Wirbelkanaldurchmesser bei C_5 Werte zwischen 28 und 32 mm. Im Bereich der Halswirbelsäule hat der Wirbelkanal die Form eines schlanken, oben erweiterten Trichters (EXNER 1954). Die Kaliberschwankung des Wirbelkanaldurchmessers ist an den oberen Halswirbelabschnitten $C_1 - C_4$ bei weitem deutlicher als an den unteren, $C_4 - C_7$ (DECKING und ter STEEGE 1975).

Da die Bogenwurzel nicht von der ganzen Höhe des Wirbelkörpers entspringt, entstehen an ihr ein flacher oberer Einschnitt "incisura vertebralis superior" und ein tieferer unterer Einschnitt "incisura vertebralis inferior". Durch die Incisura inferior eines Wirbels und die Incisura superior des caudalen Nachbarwirbels sowohl der rechten als auch der linken Seite wird je ein Loch gebildet, das "foramen intervertebrale", das dem Austritt der Rückenmarksnerven aus dem Wirbelkanal dient.

KOVÀCS (1938) gibt für die Zwischenwirbellöcher einen Durchmesser von ungefähr 10 mm an, PAYNE und SPILLANE (1957) für den vertikalen 10 mm, für den transversalen Durchmesser nahezu die Hälfte. HADLEY (1944) beschreibt das erste Zwischenwirbelloch zwischen C_2 und C_3 als oval, für die anderen übernimmt er die Bezeichnung von SCHMORL (1932) "Schuhsohlenform". PICHLER (1955) bemerkt, daß die anatomische Bezeichnung Zwischenwirbelloch unglücklich ist und spricht von einem Kanal (canalis intervertebralis). Er weist auf die Beziehung des

Zwischenwirbelkanals zur Bandscheibe, zum Wirbelkörper, Processus uncinatus und zum Wirbelgelenk hin.

Die Gelenkfortsätze (processus articularis superior et inferior) gehen unmittelbar hinter dem Querfortsatz jeweils rechts und links aus dem Wirbelbogen hervor. Je ein oberer und unterer Gelenkfortsatz bilden mit ihren einander zugekehrten Gelenkflächen ein Intervertebralgelenk. Es wird von einer regelrechten Kapsel umgeben. Die Gelenkflächen sind von hyalinem Knorpel überzogen. In den Gelenkspalt hinein ragen lappenförmige Gebilde aus Fettgewebe und Bindegewebe mit Blutgefäßen, die als "Zwischenscheiben" bezeichnet werden (SCHMINCKE und SANTO 1932, TÖNDURY 1940). BENINI (1978) spricht vom "Meniscoid" bei Untersuchungen der Lendenwirbelsäule.

EXNER (1954) vergleicht die Gelenkflächenstellung mit einer Jalousie. Da die Jalousiestellungen an den einzelnen Halswirbelgelenkfacetten verschieden sind, sie stehen unter einem Winkel von etwa 40 - 45 Grad (EXNER 1954) nach hinten geneigt, ist die sagittal-flexorische Beweglichkeit in den Bewegungssegmenten unterschiedlich. Die Variationsbreite in der Anordnung der Gelenkflächen läßt ein spezifisches Bewegungsmuster erkennen (WHITE und PANJABI 1978).

Die Dornfortsätze entspringen aus der hinteren Vereinigung der beiden Wirbelbogenschenkel und verlaufen in der Seitansicht der Halswirbelsäule zueinander parallel unter einem Winkel von etwa 20 Grad zur Horizontalen (EXNER 1954). In Form, Länge und Richtung variieren die Dornfortsätze erheblich. Bis auf den Dornfortsatz des siebten Wirbels (vertebra prominens), seltener auch des sechsten, weisen alle

Dornfortsätze als wesentliches Merkmal eine Bifurkation auf (MARTIN-SALLER 1959).

2.2.4. Bandverbindungen

Man unterscheidet an der Halswirbelsäule lange Bänder , die mehrere Wirbel bzw. die gesamte Wirbelsäule überbrücken und kurze Bänder, welche nur von einem Wirbel zum anderen ziehen.

Zu den langen Bändern gehören:

1. das "ligamentum longitudinale anterius" (ventrale) -

Es verbindet die Vorderflächen der Wirbelkörper. Seine besondere Beziehung zur Wirbelsäule liegt darin, daß es an den Wirbelkörpern fest mit dem Periost verankert ist, während es die Bandscheiben und die Randleisten der Wirbelkörper frei überbrückt (JUNGHANNS 1930, EXNER 1954). Es hemmt die Streckung (SCHIEBLER 1977).

2. das "ligamentum longitudinale posterius" (dorsale) -

Es läuft an der Rückfläche der Wirbelkörper, an der ventralen Innenfläche des Wirbelkanals, entlang. Im Gegensatz zum vorderen Längsband haftet es fest an den Zwischenwirbelscheiben, es geht eine innige Verbindung mit dem Anulus fibrosus ein und überspringt die leicht eingezogenen Hinterflächen der Wirbelkörper (JUNGHANNS 1930). Das Band hemmt die übermäßige Beugung (SCHIEBLER 1977).

Zu den kurzen Bändern gehören:

1. die gelben Bänder (ligamenta flava), welche der hinteren knöchernen Wirbelkanalwand anliegen. Sie sind sehr dehnbar und zügeln die Beweglichkeit der

Wirbelbogengelenke (JUNGHANNS 1968).
2. einige kleine Bänder "ligamenta interspinalia, -supraspinalia und -intertransversaria", welche zwischen den Wirbelfortsätzen verlaufen.

2.3. Die degenerativen Veränderungen der Halswirbelsäule ($C_3 - C_7$)

In diesem Abschnitt werden nur die Veränderungen an der Halswirbelsäule beschrieben, die im normalen Standardröntgenbild, d.h. anterior-posterior Bild, Seit- und Schrägbild eindeutig sichtbar sind.

2.3.1. Spondylosis deformans

Unter Spondylosis deformans, wie sie von SCHMORL (a, 1932) definiert wird und seitdem als Begriff gilt, wird die vordere und seitliche Randwulst- und Randzackenbildung an den Wirbelkörpern verstanden, die auf Zerrung des vorderen Längsbandes am Periost zurückgeführt wird.
Voraussetzung dafür sind Rißbildungen im Randleistenanulus der Bandscheibe. Wenn sich Fasern des Randleistenanulus in größerer Ausdehnung von der Randleiste des Wirbelkörpers ablösen, fehlt der feste Zusammenhalt zwischen Wirbelkörper und Zwischenwirbelscheibe. Ist der Turgor des Gallertkerns noch im wesentlichen erhalten, preßt sich der Nucleus pulposus bei allen Bewegungen und Belastungen am Randleistenanulus abgelösten Bandscheibengewebe vorbei nach außen bis an das vordere Längsband. Durch die dauernden Zerrungen an den Ansatzstellen des Längsbandes bilden sich infolge der Überbeanspruchung

knöcherne Randwülste, Exostosen, welche als periostale Knochenbildungen oder Produkte enchondraler Verknöcherung aufgefaßt werden (AUFDERMAUR 1960). Ist jedoch schon ein höherer Verschleiß eingetreten, der Gallertkern ist flüssigkeitsarm, findet man eher die Bilder der "chondrosis und osteochondrosis intervertebralis" (SCHMORL und JUNGHANNS 1968).

KUHLENDAHL und KUNERT (1954) weisen darauf hin, daß die Schmorl'sche Definition der Spondylosis deformans von den Verhältnissen der Brust- und Lendenwirbelsäule abgeleitet ist, man diesen Begriff jedoch auf die Halswirbelsäule übertragen kann.

COLLINS (1949) stellt fest, daß das Vordrängen der Bandscheibe durch das vordere Längsband zurückgehalten wird, während eine seitliche Vorbuchtung möglich sei, Osteophyten sich dementsprechend mehr lateral ausbilden.
AUFDERMAUR (1960) kann diese Feststellung für die Halswirbelsäule nicht bestätigt finden. Er weist auf die Erkenntnis EXNER's (1954) hin, daß das vordere Längsband im Halsteil weniger kräftig sei und sieht daher doch eine gewisse Bedeutung dieses Ligamentes in der Entstehung der ventralen Spondylose. SCHMORL's Ansicht, daß primäre Bandscheibenrisse die Spondylosis deformans einleiten, unterstreicht AUFDERMAUR (1960) und fügt noch die funktionelle Belastung des betreffenden Wirbelsäulenabschnittes als Voraussetzung hinzu. Die Funktion prägt die Form (SCHLEGEL 1964), d.h. ohne Bewegung wäre eine Spondylose nicht denkbar. Sieht COCCHI (1950) diesen Degenerationsvorgang noch als rein statisch bedingte Abnutzungserscheinung, spielt

für LEGER (1958) der dynamische Faktor eine wesentliche Rolle für die Ausbildung der Spondylose, wofür der bevorzugte Sitz der Veränderung an den unteren Halswirbeln am Übergang zur relativ starren Brustwirbelsäule spricht.

Die häufigste Lokalisation der Spondylosis deformans befindet sich fast immer im Bereich des Halssegmentes C_5/C_6 (EXNER 1954, JIROUT 1966, SINGELMANN 1972, SATERNUS 1979). Diese Angabe deckt sich auch mit der Auffassung von DE SÈZE (1951) und DÖRFEL (1955), die den größten Bewegungsumfang der Halswirbelsäule in Flexion und Extension bei den Segmenten C_5/C_6 finden.

Alle Autoren, die sich mit den "spondylotischen" Veränderungen beschäftigen, stellen fest, daß diese außerordentlich häufig sind und qualitativ wie quantitativ im Alter zunehmen (SCHINGNITZ 1932, OBER 1936, COCCHI 1950, EPP 1950, BECKER 1954, AUFDERMAUR 1960, SINGELMANN 1972).

BECKER (1954) findet eine größere Häufigkeit der Spondylosis deformans bei Männern in den höheren Altersstufen als bei Frauen. SINGELMANN (1972) hingegen sieht keinen wesentlichen Unterschied zwischen den beiden Geschlechtern im Auftreten von Verschleißerscheinungen.
SCHINGNITZ (1932) bemerkt, daß es an den Halswirbelkörpern in der Relation mehr Randzackenbildung gibt als an den anderen Wirbelsäulenabschnitten.
Bei GANTENBERG (1930) ist der Prozentsatz der Spondylosis deformans bei Schwerarbeitern (Bergarbeitern) höher als bei solchen, die einen leichteren Beruf ausüben.
Zu einer vorzeitigen Spondylose kann auch der

Leistungssport führen, wie z.B. bei Ringern (BUETTI-BÄUML 1954).

Im Röntgenseitbild stellen die Exostosen krallen-, schnabelartige Gebilde dar, die dem Wirbelkörper dachrinnenähnlich anliegen. Bei einer hochgradigen Spondylosis deformans hat der Betrachter den Eindruck, als wolle sich die Wirbelsäule mittels der starken osteophytären Randwülste stützen, um damit die Folgeerscheinungen der Bandscheibendegeneration zu mildern, nämlich die atypische Verschiebung zweier benachbarter Wirbel in Höhe der erkrankten Bandscheibe (KÖHLER und ZIMMER 1967).

2.3.2. Chondrose — Osteochondrose

Die Chondrose und Osteochondrose werden nach der geltenden Auffassung in der Literatur als Folge einer primären Bandscheibendegeneration angesehen und nach den Untersuchungsergebnissen von SCHMORL (b, 1932), LIECHTI (1944), SÄKER (1952), KUHLENDAHL und KUNERT (1954) als Systemerkrankung der Wirbelsäule verstanden.

Die häufigsten Veränderungen der Zwischenwirbelscheiben werden durch Alterungsvorgänge hervorgerufen und hängen im wesentlichen mit dem Flüssigkeitsverlust des Gallertkerns zusammen (JUNGHANNS 1952). Daraus resultieren Turgor-, Elastizitätsverlust und Rißbildungen. Mit der Austrocknung des Nucleus pulposus (Altern) der Halswirbelsäule werden die Schubspannungen, die im Zentrum der Bandscheibe wirken, größer (SCHLÜTER 1965), und im Gefolge der Zermürbungs- und Degenerationsvorgänge

kann eine Lockerung im Bewegungssegment auftreten (SÜSSE 1954, JUNGHANNS 1978). KAPANDJI (1972) und RIZZI (1973) sprechen in diesem Zusammenhang von der Störung des funktionellen Gleichgewichtes des Bewegungssegmentes.

Da die primären Veränderungen im Knorpelgewebe der Zwischenwirbelscheiben vor sich gehen, bezeichnet man sie mit "Chondrose" (ERLACHER 1950). JUNGHANNS (1978) spricht von einer "primären chondrosis intervertebralis", wenn der Bandscheibenschaden durch allmähliche Alterung und Wasserverlust eingeleitet wird, von einer "sekundären chondrosis intervertebralis", wenn die Ursachen einer inneren Zerrüttung des Bandscheibengewebes von außerhalb des Zwischenwirbelraumes kommen. Diese Degenerationsform entsteht durch Krankheitszustände, durch die eine unrichtige Belastung, Fehlhaltung, z.B. Skoliose, auf die betroffenen Zwischenwirbelscheiben einwirkt (LANGE 1934, GÜNTZ 1934).

Tritt neben der Zermürbung der Bandscheibe auch eine Degeneration der Knorpelplatte auf, löst sich der Wirbelkörper von der Zwischenwirbelscheibe ab, und durch Reizung der Osteozyten der Wirbelabschlußplatten kommt es zur reaktiven Knochenwucherung. Die starke Lockerung des Bewegungssegmentes, die fehlende Pufferungsfähigkeit (REISCHAUER 1953), führt durch Zerrungen an den Längsbändern und Vorwölbung des degenerativen Bandscheibengewebes zu Randzackenbildung, die häufig den ganzen Wirbelkörper umgeben.

Zum ersten Mal wird dieses Krankheitsbild von SCHMORL (1926) unter der Bezeichnung "Osteochondrosis intervertebralis" beschrieben. HILDEBRANDT (1933)

grenzt als erster die Osteochondrose von der Chondrose deutlich ab.

Die Osteochondrose ist ein Prozeß, der die Wirbelsäule selbst in ihrer Bewegungsfunktion beeinträchtigt (KUHLENDAHL und KUHNERT 1964). Die Bewegungseinschränkung kann bis zur vollständigen Versteifung fortschreiten, es kommt zur funktionellen Blockwirbelbildung.

Chondrosen und Osteochondrosen findet man am häufigsten an den Bandscheiben C_5/C_6 und C_6/C_7 (SÜSSE 1954, KUHLENDAHL und KUNERT 1958, TEPE 1956). Bei SINGELMANN (1972) ist bevorzugt das Halssegment C_5/C_6 betroffen, besonders bei der sogenannten sekundären Chondrose. BRADFORD (1922) und SPURLING (1953) begründen die osteochondrotischen Veränderungen besonders an den unteren Halswirbelbandscheiben, weil die Zwischenwirbelscheiben hier zwischen der frei beweglichen Halswirbelsäule und der fixierten Brustwirbelsäule als Hypomochlion fungieren (RÜBE und SCHULTE 1974).

Die Degenerationen der cervicalen Bandscheiben nehmen mit dem Alter deutlich zu (KUHLENDAHL und KUNERT 1954), SÜSSE 1954, SINGELMANN 1972).
SÜSSE (1954) z.B. fand bei Untersuchungen an der Halswirbelsäule im 4. Lebensjahrzehnt 25 %, im 5. Lebensjahrzehnt 40 %, im 6. Lebensjahrzehnt 71 % und im 7. Lebensjahrzehnt 85 % Chondrosen. Bei entsprechender Berufsbelastung ist eine erhöhte Chondrosen- und Osteochondrosenrate möglich (GANTENBERG 1930, MARUŠIAK 1960, KELLGREN 1961).

Nach BENTE und SCHMIDT (1952) sind die Chondrose und das Frühstadium der Osteonchondrose nur durch geringe

röntgenologische Veränderungen und durch vorwiegend isolierten Befall eines Zwischenwirbelraumes gekennzeichnet. Das erste röntgenologische, allerdings sehr subjektiv erfaßbare Symptom ist die Verschmälerung eines Intervertebralraumes (GATZWEILER 1955). Im Röntgenseitbild bzw. a.-p.-Bild zeigt sich die Osteochondrose im Gegensatz zur Chondrose neben der geringeren Höhe der Bandscheibe mit zusätzlich reaktiven Knochenappositionen. Die Knochenveränderungen stellen sich als nahe den Wirbelabschlußplatten gelegene Sklerosierungszonen in Form eines verschieden breiten, zum Wirbelkörper hin unscharf abgesetzten Verdichtungsstreifens dar (RÜBE und SCHULTE 1974).

2.3.3. Intervertebral-Arthrose (Arthrosis deformans)

Die Intervertebralarthrose tritt in einem Gelenk, das mechanisch und dynamisch stark beansprucht wird, viel eher auf, als in einem Gelenk, das weniger beansprucht wird, dessen Gelenkflächen in der Ruhe und bei Bewegung unter geringerem Druck stehen und dem nur ein geringeres Bewegungsmaß zukommt (LEUBNER 1936).
Neben der reinen altersbedingten Arthrose führt jede Stellungsänderung der Wirbelbogengelenke, z.B. Skoliosen, Geradhaltungen, Hyperlordosen, zur Fehlbelastung und begünstigt damit die Degeneration der Wirbelbogengelenke (RÜBE und SCHULTE 1974). Es bilden sich Schlifffläche und Schliffurchen. Sekundär kommt es zu proliferativen Reaktionen des Knochens mit Sklerosen, Randwülsten und Randzacken.

FRANCIS (1956) stellt mit fortschreitendem Lebensalter eine Häufigkeitszunahme der Arthrosis deformans vor allem von C_2/C_3 bis C_4/C_5 fest, wobei

dabei die linke Seite häufiger befallen sein soll als die rechte. LANGE (1936) beobachtet die Intervertebralarthrose bereits bei Jugendlichen um das zwanzigste Lebensjahr. AUFDERMAUR (1960) jedoch sieht eine arthrotische Veränderung der kleinen Wirbelgelenke erst vom 5. Lebensjahrzehnt an, und zwar vor allem im oberen und mittleren Halswirbelsäulenbereich, besonders bei C_3/C_4 und C_4/C_5.

LANGE (1936) hält es für eine der auffallendsten Erscheinungen der Wirbelsäulenpathologie, daß kein Parallelismus zwischen der Stärke der Spondylose und der Arthrosis deformans besteht. Die durch die Spondylose verminderte Funktion der Halswirbelsäule schiebt das Auftreten der zweiten Verbrauchserkrankung, die Arthrose, hinaus. Diese Ansicht wird von LIECHTI (1948) erweitert. Er glaubt, daß das exzessive Ausmaß der Spondylose vor exzessiver Arthrose schützt und umgekehrt. Die Intervertebralarthrose wird hauptsächlich an den Gelenken gefunden, wo eine Osteochondrose mit wesentlicher Höhenabnahme der Zwischenwirbelscheiben einhergeht (INMAN und SAUNDERS 1947, MUNTEAN 1952, ZUCKSCHWERDT und Mitarbeiter 1955).

Wie bei anderen Arthrosen finden sich auch bei der Arthrose der Intervertebralgelenke drei röntgenologisch nachweisbare Kardinalsymptome: Gelenkspaltverschmälerung, Randsklerose der Gelenkfacetten und Randzackenbildung an den Facettenrändern (ERDMANN 1971, RÜBE und SCHULTE 1974).
Die Randwülste erscheinen gelegentlich flächenhaft, inhomogen oder als Zacken an den Gelenkfortsatzspitzen. Im Seitbild projizieren sich diese Zacken auf die dorsale Kontur der Wirbelkörper. Günstiger ist die Begutachtung der Intervertebralarthrose in

der Schrägaufnahme. Eine Sklerose stellt sich als subchondrale Verdichtung der Gelenkflächen dar, ebenso sind dort Überlagerungen durch Osteophyten und Rauhigkeiten zu erkennen (RÜBE und SCHULTE 1974).

2.3.4. Uncovertebral-Arthrose (Spondylosis uncovertebralis)

Nach KUHLENDAHL und KUNERT (1964) entspricht der Begriff "Uncovertebral-Arthrose" nicht den anatomischen Gegebenheiten, sie schlagen die Bezeichnung "Spondylosis uncovertebralis" vor. COTTA (1978) spricht von der lateralen Spondylose der Wirbelkörper.

Die seitlichen Risse, die als Anpassung an die Funktion der Halswirbelsäule entstanden sind (TÖNDURY 1958, ECKLIN 1960), leiten die Bandscheibendegeneration ein, es kommt zur Lockerung mit abnormer Beweglichkeit, zur Bandscheibenerniedrigung und damit zu einem stetigen Druck auf die Processus uncinati. Die Tragefunktion wird schließlich von der Uncovertebralregion übernommen. Als Folge zeigen die Processus uncinati spitze, oft gebogene, schnabelartige, zackige Sklerosen.

Eine Vielzahl von Autoren beschäftigte sich mit den Auswirkungen der uncovertebralarthrotischen Exostosen auf die Zwischenwirbellöcher bzw. mit der damit verbundenen radikulären Symptomatik (GIRAUDI 1931, THOMA 1931, GÜNTZ 1934, LANGE 1936, KROGDAHL und TORGERSEN 1940, HADLEY 1944, BÄRTSCHI-ROCHAIX 1949 u.a.).

Uncovertebralarthrosen manifestieren sich meist bei C_3/C_4 und C_4/C_5, wobei auch eine rein einseitige

Deformierung, meist bei C_5/C_6, möglich ist (KROGDAHL und TORGERSEN 1940, LIECHTI 1944). GIRAUDI (1931) bezeichnet als die häufigst betroffenen uncovertebralen Verbindungen diejenigen zwischen C_4 und C_6 und führt diese Prädilektion auf die in diesem Abschnitt besonders ausgeprägte Beweglichkeit der Halswirbelsäule zurück (BAKKE 1931). Auch BÄRTSCHI-ROCHAIX (1949) stellt uncovertebrale Deformierungen vorwiegend zwischen C_3/C_4 und C_5/C_6 fest. Einseitig entstandene degenerative Prozesse führt er fast ausschließlich auf traumatische Einflüsse, sehr selten auf eine endogene Osteochondrose zurück.

Die Osteophyten, das Zeichen der Uncovertebralarthrose, lassen sich sowohl im a.-p.-Röntgenbild darstellen, als auch im 45°-Schrägbild. BÄRTSCHI-ROCHAIX (1949) beschreibt in einem frontalen tomographischen Röntgenbild verschiedene Abstützungsformen der Wirbelkörper gegeneinander und damit zugleich die unterschiedlichen Degenerationsgrade der Processus uncinati.

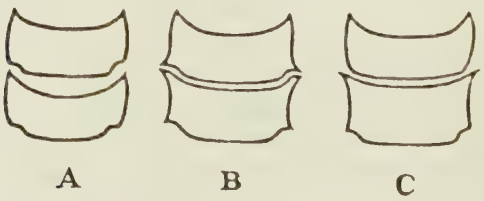


Abbildung 1:

A. Die normale Abstützungsform, der "Stativtyp"
B. Die "kochtopfartige" Schichtung mit einhergehender Osteochondrose
C. Die "Teller"-Schichtung mit starker Osteochondrose

Im Schrägbild sind die Osteophyten meist nach lateral hinten in Richtung auf das Foramen intervertebrale gerichtet (RÜBE und SCHULTE 1974). Der gegenüberliegende Teil der Wirbelabschlußplatte zeigt entsprechende Schliffurchen und Randwülste, die nach unten konkav sind und oft den Processus uncinatus krallenartig umgreifen (BROCHER 1966).

2.4. Röntgenologische Aufnahmetechniken der Halswirbelsäule

Zur Darstellung der Halswirbelsäule werden heute überall routinemäßig, je nachdem, ob sie in ihrer Gesamtheit oder nur einzelne Partien projiziert werden sollen, Übersichts- bzw. Spezialaufnahmen hergestellt.
Zu den Übersichtsaufnahmen zählen die anterior-posteriore Aufnahme und die seitliche Aufnahme.
Zur Darstellung einzelner Abschnitte oder anatomischer Einzelheiten werden Spezialaufnahmen benötigt, z.B. für die ersten beiden Halswirbel eine a.-p.-Aufnahme durch den geöffneten Mund, für die rechten und linken Zwischenwirbellöcher die Schrägaufnahme (BARSONY und KOPPENSTEIN 1929). Vollständigkeitshalber seien noch das stereoskopische Verfahren, die Tomographie, Röntgenkinematographie und die cervicale Discographie erwähnt. Die Aufnahmetechniken sind ausführlich beschrieben bei SCHINZ und Mitarbeiter (1966), DIETHELM und Mitarbeiter (1974) und bei HAFNER und MEULI (1976).

Genauer wird nur auf die für diese Arbeit relevanten Standardaufnahmen eingegangen, welche ein Situationsbild der Halswirbelsäule in Ruhe vermitteln.

2.4.1. Anterior-posteriore Übersichtsaufnahme

Bei dem a.-p.-Röntgenbild der Halswirbelsäule gelangen nur die Abschnitte vom dritten Halswirbel abwärts einwandfrei zur Darstellung (ZAUNBAUER 1974).

Die axial getroffenen Dornfortsätze sollen in einer einzigen geraden, vertikalen Reihe abgebildet sein, die Bogenmittellinie sollte mit der Halswirbelsäulenmittellinie übereinstimmen. Die laterale Kontur, die durch die sich aufeinander projizierenden Processus articulares superiores und inferiores der einzelnen Wirbel gebildet wird, muß einen ununterbrochenen, regelmäßigen Verlauf zeigen und scharf konturiert sein (BUETTI-BÄUML 1954).
Sind diese Punkte erfüllt, liegt ein achsengerechtes, ordnungsgemäß hergestelltes Röntgenbild vor, es sei denn die Halswirbelsäule weist pathologische Veränderungen auf.

Im mittleren und unteren Halswirbelsäulenbereich erlaubt die sagittale Aufnahme also eine Aussage über die Achsenverhältnisse in der Frontalebene, den Zustand der Processus uncinati, die Höhe der Wirbelkörper, die Breite der Wirbelkörperdeck- bzw. -bodenplatten und über den Zwischenwirbelraum. Bei der Beurteilung der Wirbelkörpermaße und des Zwischenwirbelraumes liegt die Gefahr in der möglichen röntgenologischen Verzeichnung durch die physiologische Lordose der Halswirbelsäule (KLOIBER 1926).

2.4.2. Seitliche Übersichtsaufnahme

Um eine seitliche Röntgenaufnahme richtig beurteilen zu können, gibt es mehrere Anhaltspunkte, ob der

Strahlengang tatsächlich die Halswirbelsäule korrekt getroffen hat. Am leichtesten läßt sich dies aus der exakten Übereinanderprojektion der Processus articulares beider Seiten schließen. Die Gelenkspalten stellen sich als eine Aufhellungslinie dar, die von cranial ventral nach caudal dorsal verläuft. Schon eine leichte Torquierung der Halswirbelsäule läßt Doppelkonturen der Wirbelgelenke auftreten (BUETTI-BÄUML 1954). Da die Gelenkfortsätze des zweiten und dritten Halswirbels im Gegensatz zu den übrigen nach ventral konvergieren, wird der Gelenkspalt dadurch von der Fläche her getroffen und ist somit bisweilen nicht leicht zu beurteilen (ZAUNBAUER 1974).

Ein weiteres Kriterium für die korrekte Röntgenaufnahme der Halswirbelsäule im seitlichen Strahlengang ist die Lordose.
Über die Lordoseform gibt es in der Literatur eine Vielzahl an Meinungen. Im Gegensatz zu FICK (1904), der dem "Greisenalter" der Halswirbelsäule eine "gerade Kurve" und der jugendlichen eine gekrümmte Form zuordnet, sind BUETTI-BÄUML (1954) und MARKUSKE (1971) gegenteiliger Ansicht. Sie finden vorwiegend beim Jugendlichen eine gestreckte Form.

Im allgemeinen kann man davon ausgehen, daß die gesunde Halswirbelsäule in der seitlichen Übersichtsaufnahme einen harmonisch gekrümmten Bogen bildet, an dem in verschiedenem Ausmaße alle Bandscheiben und Wirbelkörper beteiligt sind (DREXLER 1962).
Der Scheitel des Bogens liegt in der Regel auf der Höhe des vierten Zwischenwirbelraumes (BUETTI-BÄUML 1954). Die hinteren Konturen der einzelnen Halswirbelkörper und die hinteren Begrenzungen des Rückenmarkraumes der Wirbelbogen miteinander verbunden, bilden zwei Bogen, die nicht parallel

verlaufen.
Die mittleren Dornfortsätze (3, 4 und 5) reichen gewöhnlich nicht so weit nach hinten, wie der 2., der 3. und der 7. Dornfortsatz. Der Abstand der Dornfortsätze soll bei der mittleren Lordose voneinander ungefähr gleich weit entfernt sein BUETTI-BÄUML 1954).

Zur Beurteilung anatomischer Gegebenheiten, wie Wirbelkörperhöhe und -tiefe, Bandscheibenhöhe, Wirbelkanaldurchmesser und Intersegmentalwinkel und degenerativer Veränderungen, wie Spondylose, Chondrose, Osteochondrose, Intervertebralarthrose und Uncovertebralarthrose vermag die Seitaufnahme mehr Aufschluß als die a.-p.-Aufnahme zu geben (DECKING und ter STEEGE 1975, KUNERT 1975, KRÄMER 1978).
Ein weiterer Aussagewert der Profilaufnahme liegt in der Beurteilung der Halslordose, etwaige Streckhaltung bzw. kyphotische Knicks. Bei degenerativen Veränderungen der Halswirbelsäule, wie Spondylosis deformans und Osteochondrose findet man eine Abflachung der Lordose (BÄRTSCHI-ROCHAIX 1949, EXNER 1954, SCHÜLLER 1954, FINEMAN und Mitarbeiter 1963).

2.4.3. Schrägaufnahme

Bei einer korrekten 45°-Schrägaufnahme (BARSONY und KOPPENSTEIN 1929) stellen sich die Foramina intervertebralia einer Seite dar. Das obere ist das größte und liegt zwischen C_2 und C_3, alle übrigen sind kleiner.
Die Dornfortsätze von C_3, C_4 und eventuell C_5, die in der Regel die kürzesten sind, werden bei dieser

Aufnahme oft nicht mehr projiziert.

Mit dem Problem der Darstellung der Zwischenwirbellöcher beschäftigten sich neben BARSONY und KOPPENSTEIN (1929), u.a. THOMA (1931), KOVÀCS (1938, 1941) und RÒKA und GAIZLER (1956).

Neben der Begutachtung der Größe und Form der Foramina intervertebralia leistet die 45°-Aufnahme bei eventuellen Einengungen durch dorsolaterale Osteophyten der Processus uncinati gute Dienste.

2.5. Röntgenologische Meßmethoden

Bei den indirekten Meßverfahren - das Röntgenbild stellt das Objekt zur Vermessung dar - können je nach Art des Strahlenganges Distanzen zwischen angegebenen Meßpunkten (Streckenvermessungen), Winkel (meist zwischen konstruierten Achsen) oder Flächen (Planimetrie) größenmäßig bestimmt werden. Jede der genannten Methoden hat einen beschränkten Untersuchungsbereich und damit einen begrenzten Aussagewert.

2.5.1. Wirbelkörper

PSCHIRRER (1968) entwickelt ein Wirbelkörpermeßverfahren im Röntgenseitbild, das sich weitgehend an die anthropologischen Maße von MARTIN-SALLER (1957) anlehnt.
PSCHIRRER (1968) bestimmt die vorderen bzw. hinteren Wirbelkörperhöhen nicht einfach durch direkte

Verbindung der oberen und unteren Wirbelkörpereckpunkte miteinander, sondern über die gesonderte Konstruktion einer Senkrechten. Außerdem errechnet er die "mittlere Höhe" eines Wirbelkörpers aus dem arithmetischen Mittel der vorderen und hinteren Wirbelkörperhöhen, nicht wie MARTIN-SALLER (1957), der unter der "mittleren Höhe" die geradlinige Entfernung des Mittelpunktes der oberen Fläche des Wirbelkörpers zum Mittelpunkt der unteren Fläche verstand.

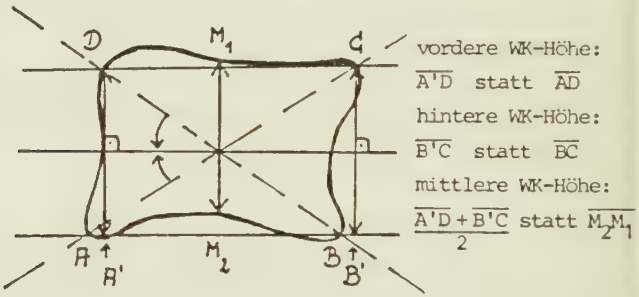


Abbildung 2: Konstruktionszeichnung zur Messung der vorderen und hinteren Wirbelkörperhöhen mit abgeänderten anthropologischen Maßen (PSCHIRRER 1968)

2.5.2. Zwischenwirbelraum (Bandscheibenhöhe)

Bei allen sechs verschiedenen Verfahren, den Zwischenwirbelraum zu messen, wird das seitliche Röntgenbild verwendet (POPE 1977).

HURXTHAL (1968) mißt zuerst den Mittellinienabstand zwischen den im Röntgenseitbild oval aussehenden proximalen und distalen Wirbelkörperendplatten,

errechnet aus der größeren und kleineren Bandscheibenhöhe den Mittelwert und erhält dadurch ein genaues Maß des Zwischenwirbelraumes.

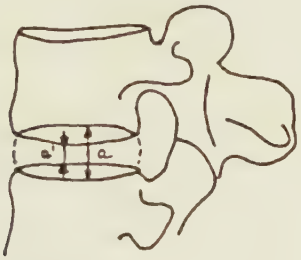


Abbildung 3: HURXTHAL (1968) Methode I
Zwischenwirbelraumhöhe = $\frac{a + a'}{2}$

In seiner zweiten Meßmethode halbiert er die ovalen Wirbelkörperendplatten, dann wird der Abstand des oberen und unteren Halbierungspunktes im Mittelpunkt der Wirbelkörperendplatten gemessen.

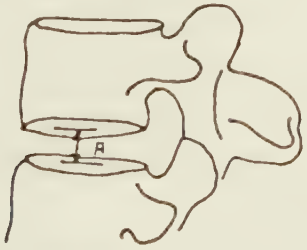


Abbildung 4: HURXTHAL (1968) Methode II
Zwischenwirbelraumhöhe = A

FARFAN (1973) mißt die vordere und hintere Bandscheibenhöhe und den Bandscheibendurchmesser. Aus diesen Werten errechnet er die Zwischenwirbelraumhöhe.

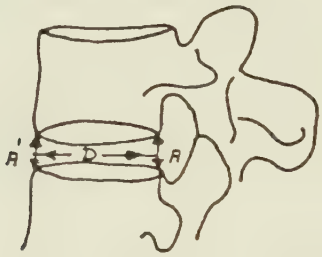


Abbildung 5: FARFAN (1973)
Zwischenwirbelraumhöhe: A'/D und A/D

Die "R1" und "R2" Methoden sind modifizierte Meßverfahren nach HURXTHAL (1968).
BRADNER (1970) kombiniert HURXTHAL's Methode II mit der mittleren Wirbelkörperhöhe und glaubt damit, besonders über die noch im Wachstum befindliche Bandscheibe eine Aussage machen zu können (R1-Methode).
Die "R2" Methode ist das Verhältnis der Zwischenwirbelscheibenhöhe (HURXTHAL Methode II) zum Bandscheibendurchmesser in ihrem Mittelpunkt.

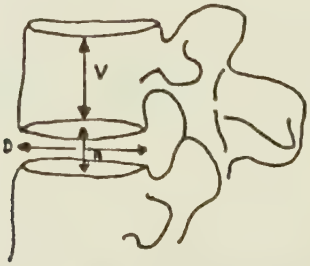


Abbildung 6: "R1" Methode: Zwischenwirbelraumhöhe = A/V
"R2" Methode: Zwischenwirbelraumhöhe = A/D

Bei der letzten, der sogenannten "Area Method" wird der Zwischenwirbelraum in drei Bezirke eingeteilt. Die Bezirke 1 und 3 bilden die durch den seitlichen Strahlengang in den Zwischenwirbelraum hinein projizierten Wirbelkörperabschlußplatten. Der Bezirk 2 wird von der Bandscheibe selber dargestellt.

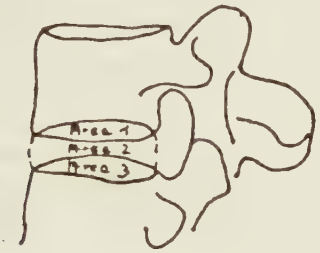


Abbildung 7: "Area Method"
Zwischenwirbelraumhöhe = Area 1,2,3 - Area 1,3

2.5.3. Wirbelkanal

Wirbelkanalmessungen werden sowohl im a.-p.-Röntgenübersichtsbild als auch in der seitlichen Röntgenübersichtsaufnahme durchgeführt.
Vertreter der transversalen Messung im Frontalbild sind ELSBERG und DYKE (1934) und SCHWARZ (1956). Sie messen den Wirbelkanaldurchmesser zwischen den medialen Grenzen der Wirbelbogenwurzeln bzw. -füßchen (pediculus arcus vertebrae). Die Wirbelbogenfüßchen sind auf dem Röntgenbild als kreisförmige Verschattungen sichtbar. Die Autoren bemerken jedoch, daß diese Methode für die Halswirbelsäule nicht sehr befriedigend sei, da ihre Meßpunkte, besonders für

die ersten vier Halswirbelkörper, aus anatomischen bzw. röntgenologischen Gründen nicht exakt erkennbar seien.

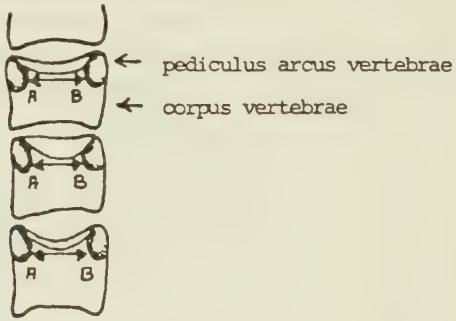


Abbildung 8: Wirbelkanalmessung nach ELSBERG und DYKE (1934), SCHWARZ (1956)

Die gebräuchlichste Messung der cervicalen Wirbelkanalweite ist die Bestimmung im Röntgenseitbild. BOIJSEN (1954) und PAYNE und SPILLANE (1957) messen den sagittalen Wirbelkanaldurchmesser zwischen der Mitte der hinteren Wirbelkörperfläche und dem Punkt, an dem sich die Wirbelbogenschenkel zum Processus spinosus vereinigen. WOLF und Mitarbeiter (1956) nehmen als Meßpunkte die sich am nächsten liegenden Stellen der hinteren Fläche des Wirbelkörpers und der vorderen Vereinigung der Wirbelbogenschenkel. BURROWS (1963) jedoch macht auf die möglichen lateralen Osteophyten aufmerksam und schlägt aus diesem Grunde den Mittelpunkt auf einer vertikal an der hinteren Wirbelkörperfläche verlaufenden Linie, die am weitesten nach vorne liegt, als Meßpunkt vor. Die hintere Begrenzung des Wirbelkanals hält er bei (Abb. 9).
DECKING und ter STEEGE (1975) erhalten jeweils zwei Wirbelkanalweiten, von denen sie nur den kleineren Wert in die Auswertung nehmen.

Abbildung 9:
Verschiedene sagittale Wirbelkanalmeßmethoden
A: Wirbelkanalweite nach BOIJSEN (1954) und PAYNE und SPILLANE (1957)
B: Wirbelkanalweite nach WOLF und Mitarbeiter (1956)
C: Wirbelkanalweite nach BURROWS (1963)

2.5.4. Intersegmentalwinkel

Der Intersegmentalwinkel (LENZ und Mitarbeiter 1981) wird am seitlichen Röntgenbild gemessen. Voraussetzung für dieses Meßverfahren ist ein exaktes Röntgenbild, das die kleinen Wirbelgelenke abbildet und genau übereinander projiziert. Man legt eine Verbindungslinie an die caudalsten Punkte einer Wirbelkörpergrundplatte und eine weitere, summierende Gerade durch die Mitte des zugehörigen Gelenkspaltes so ergibt der Schnittpunkt dieser Geraden den Winkel (Abb. 10).

Abbildung 10: Darstellung der Messung der Intersegmentalwinkel (Lenz u. Mitarbeiter 1981)

Die Gerade durch den Gelenkspalt ist so zu legen, daß das Quadrat der Abweichung zu den begrenzenden Gelenkflächen im Sinne der Methode der kleinsten Quadrate minimiert wird (LENZ und Mitarbeiter 1981). Dies trifft besonders dann zu, wenn ein vom Strahlengang nicht exakt frontal getroffenes Röntgenseitbild vorliegt und daher die Processus articulares nicht genau übereinanderprojiziert sind. Die Festlegung des Gelenkspaltes des Segmentes C_2/C_3 gestaltet sich aus röntgentechnischen bzw. anatomischen Gründen schwierig, wie bereits unter Punkt 2.4.2. beschrieben

2.5.5. Lordosegrade

Die aus der Literatur ersichtlichen Meßmethoden der cervicalen Halslordose im seitlichen Röntgenbild berücksichtigen bis auf DREXLER (1962) und LENZ und Mitarbeiter (1981) hauptsächlich die Gesamtlordose,

u.a. BORDEN und Mitarbeiter (1960) und ISHIHARA (1964).

BORDEN und Mitarbeiter (1960) ziehen eine Verbindungslinie (A) vom höchsten hinteren Punkt des Dens axis zur hinteren unteren Ecke des siebten Halswirbelkörpers. Eine weitere Linie (B) wird entlang der Hinterkanten der dazwischen liegenden Wirbelkörper eingezeichnet. Eine dritte Linie (C) wird am Punkt der größten Entfernung zwischen A und B, senkrecht auf A stehend, gezogen. Die Länge von C in Millimetern ist die Tiefe der Halslordose.

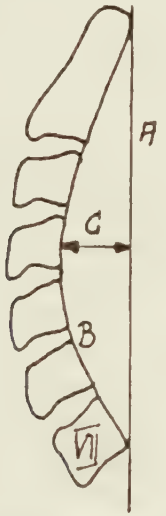
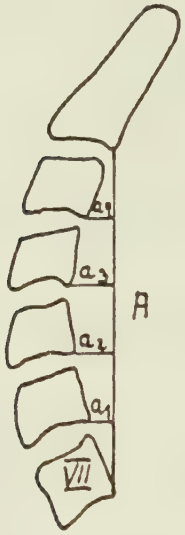


Abbildung 11: Meßmethode nach BORDEN und Mitarbeiter (1960)

ISHIHARA (1964) dagegen verbindet die hintere untere Ecke des zweiten Halswirbels mit der hinteren unteren Ecke des siebten Halswirbelkörpers durch eine Linie A. Jeweils die hintere untere Ecke des dritten bis sechsten Halswirbelkörpers wird durch eine

Senkrechte mit der Linie A verbunden. Die Summe der Länge dieser vier Senkrechten ergibt im Verhältnis zur Linie A den Krümmungsgrad der Halswirbelsäule.



$$\text{Lordosegrad (LG)} = \frac{a_1 + a_2 + a_3 + a_4}{A}$$

Abbildung 12: Meßmethode nach ISHIHARA (1964)

Zur Ermittlung des Lordosegrades schlägt DREXLER (1962) einen Winkel vor, den die vertikalen Achsen zweier benachbarter Wirbelkörper einschließen (Abb. 13). Der Verlauf dieser Achsen entspricht in der Anthropologie dem mittleren vertikalen Durchmesser des Wirbelkörpers (MARTIN-SALLER 1957) und wird bestimmt durch die geradlinige Entfernung des Mittelpunktes der oberen Fläche des Wirbelkörpers von dem Mittelpunkt der unteren Fläche. Durch algebraische Summation der einzelnen Neigungswinkel ergibt sich der Grad der Krümmung der gesamten Halswirbelsäule.

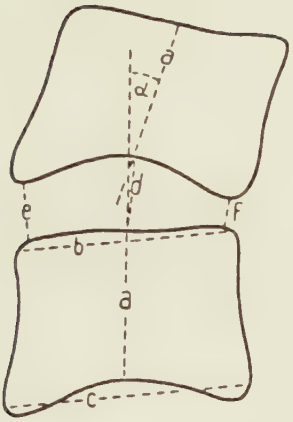


Abbildung 13: Meßmethode nach DREXLER (1962)

Die Lordosenmeßmethode von LENZ und Mitarbeiter (1981) läßt neben der Aussage über die Krümmung in den einzelnen Segmenten der Halswirbelsäule, was auch für DREXLER's (1962) Methode gilt, eine genaue Angabe über die Kopfneigung zu.

Zunächst wird die Palato-Occipital-Linie (Mc Gregor Linie) eingezeichnet. Sie ergibt sich aus der Verbindung des dorsalen Endes des Palatum durum (Punkt A in der Abbildung 14) mit dem caudalsten Punkt des Occiput (Punkt B Abbildung 14) (FOCHEM und KLUMAIR 1976). Danach werden die dorsalsten im Röntgenseitbild noch erkennbaren Begrenzungspunkte der Wirbelkörperhinterkanten im Bereich der Bodenplatten markiert. Dies sind die Punkte D bis I in der Abbildung 14. Nunmehr sind alle Punkte, die zur Vermessung der Halswirbelsäulenlordosegrade benötigt werden, festgelegt.
Die Messung der einzelnen Winkel erfolgt unter Zuhilfenahme einer speziell von GWIZDEK und KRAHL

(1980) entwickelten Winkelmeßscheibe mit rotierendem Kreisläufer.

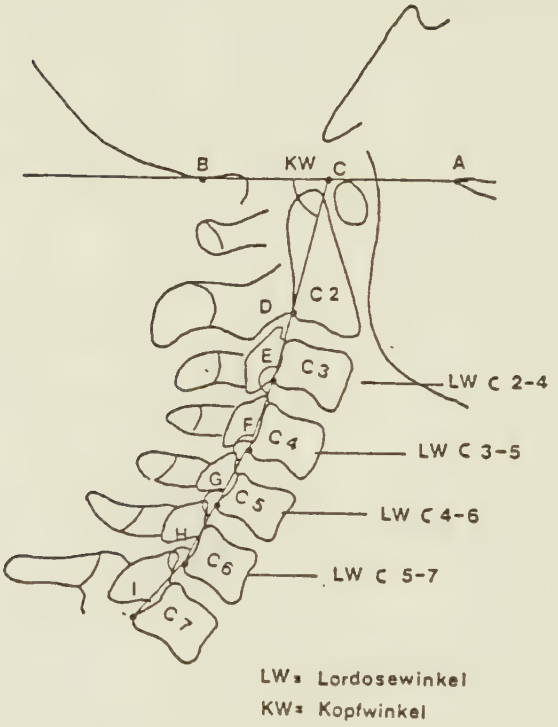


Abbildung 14: Schematische Darstellung der Meßpunkte und Bezugslinien zur Bestimmung der Lordosegrade an der Halswirbelsäule (LENZ und Mitarbeiter 1981)

3. S P E Z I E L L E R T E I L

3.1. Material und Methode

Für die röntgenologischen Untersuchungen standen insgesamt achtundzwanzig Leichenpräparate der Halswirbelsäule zur Verfügung. Von den Obduzierten waren zwölf weiblichen und sechzehn männlichen Geschlechtes. Das Alter variierte zwischen 18 und 81 Jahren bei einem Durchschnittsalter von 46 Jahren.

Altersgruppen	Alter in Jahren	Frauen	Männer	Anzahl/ Fälle
I	bis 39	4	8	12
II	40 - 59	6	5	11
III	bis 81	2	3	5
Total		12	16	28

Tabelle 1: Aufteilung des Untersuchungsmaterials

Von jedem entnommenen Kapselbandpräparat wurden Röntgenaufnahmen in vier Ebenen angefertigt, und zwar je eine anterior-posteriore Übersichtsaufnahme, eine seitliche Übersichtsaufnahme und zwei 45^{o}-Schrägaufnahmen (rechts und links) bei einem Film-Fokus-Abstand von 100 cm mit einem Objektfilmabstand von 14 cm, entsprechend einer Vergrößerung von ca. 15 %. An alle Halswirbelsäulenaufnahmen wurden gleiche Anforderungen gestellt; ausreichende

Kontinuitätszeichnung der röntgenologisch dargestellten Wirbelsäulenstrukturen und die Darstellung der Halswirbelsäule einschließlich des Überganges C_7/Th_1.

Für das a.-p.-Röntgenbild wurde das frische Leichenpräparat der Halswirbelsäule gegen die Elastizität der Bandverbindungen und der Zwischenwirbelscheiben in eine unphysiologische Streckhaltung gebracht, um die sonst durch die Lordose bedingte röntgenologische Verzeichnung so gut wie möglich auszuschalten.

Nach der Beurteilung der Röntgenbilder (achsengerecht oder Seitausbiegung-Erklärung: Abschnitt 2.4. Röntgenologische Aufnahmetechniken) konzentrierten sich die morphologischen Untersuchungen auf zwei Schwerpunkte: 1) die normale Anatomie mit den typischen Formabweichungen und 2) die degenerativen Veränderungen der unteren Halswirbelsäule (C_3-C_7).

Bei der detaillierten Erfassung der Formabweichungen fanden degenerativ bedingte Randreaktionen keine Berücksichtigung. An 140 (160) Wirbeln bzw. 160 Zwischenwirbelscheiben von 28 Halswirbelsäulenpräparaten wurden folgende Strecken bzw. Winkel am Röntgenbild gemessen:

1. Höhe und Breite der Wirbelkörper am a.-p.-Bild bzw. Seitbild
2. Tiefe der Wirbelkörper am Seitbild
3. Höhe und Abstand der Uncovertebralfortsätze am a.-p.-Bild
4. Sagittaler Wirbelkanaldurchmesser am Seitbild
5. Bandscheibenhöhe am Seitbild
6. Zwischenwirbellochdurchmesser am 45^{o}-Schrägbild
7. Intersegmentalwinkel am Seitbild
8. Lordosegrade am Seitbild
9. Dornfortsatzwinkel am Seitbild

Die Messungen der Punkte 1 - 6 erfolgten mit einem Stechzirkel (Korkhaus) mit Millimeterskalierung, die der Punkte 7 - 9 mit einer Winkelmeßscheibe mit rotierendem Kreisläufer.

Bei der Betrachtung der Röntgenbilder auf degenerative Veränderungen stand im Vordergrund die Begutachtung der:

1. Spondylosis deformans im Seitbild
2. Chondrose bzw. Osteochondrose im Seitbild
3. Intervertebral-Arthrose im Seitbild und 45°-Schrägbild
4. Uncovertebral-Arthrose im a.-p.-Bild

Als Arbeitsunterlage für die spätere Datenablochung und die statistische Auswertung wurde für jede Halswirbelsäule ein Meßprotokoll (siehe Anhang) angelegt. Aus den Sektionsunterlagen wurden das Alter und das Geschlecht der Obduzierten übernommen. Es wurden zur Interpretation der Meßergebnisse und der Degenerationserscheinungen, Mittelwertbestimmungen, Standardabweichungen der Mittelwerte, Varianzanalysen und Berechnungen der relativen Häufigkeit durchgeführt.

Im folgenden werden die gemessenen Strecken und Winkel genauestens definiert bzw. die degenerativen Veränderungen in Schweregrade eingeteilt, um sie später statistisch auswerten zu können und sie damit jeder Zeit reproduzierbar zu machen.
Im Abschnitt 3.2. (Ergebnisse) werden die durchschnittlichen oder mittleren Werte der Meßreihen und die Ausweitung, Schwankung und Streuung der Einzelwerte um den Mittelwert (Standardabweichung) (SACHS 1969) sowie die relativen Häufigkeiten in Prozent in Tabellen aufgelistet und erläutert. Die

Ergebnisse werden in den Altersgruppen I, II und III (siehe Tabelle 1) zusammengefaßt und geschlechtsspezifisch untersucht.
Für die anatomische Betrachtung der Halswirbelsäule erbringt der geschlechtliche Vergleich kaum Besonderheiten und wird deshalb in diesem Zusammenhang nicht aufgeführt. Eine Ausnahme stellt die Messung des Wirbelkanaldurchmessers dar.

3.1.1. Definition bzw. Konstruktion der Meßstrecken und Winkel

1. Wirbelkörperhöhe in der Mitte

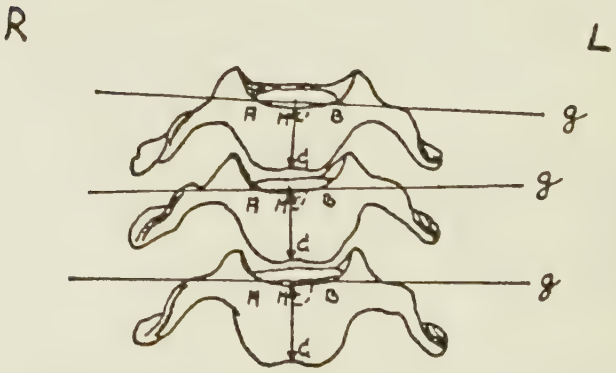


Abbildung 15: Wirbelkörperhöhe in der Mitte im a.-p.-Röntgenbild (Erläuterung siehe Text)

Durch die medialen Fußpunkte A und B der Uncovertebralfortsätze wird eine Gerade g gezogen ($\overline{AB}$ = Wirbelkörperdeckplatte). Im Mittelpunkt M der Strecke $\overline{AB}$ wird eine Senkrechte errichtet, die die

Wirbelkörpergrundplatte im Punkte C kreuzt. Die Strecke $\overline{MC}$ stellt die Höhe in der Mitte des Wirbelkörpers dar.

2. Die seitliche "mittlere Wirbelkörperhöhe"

Die seitliche Wirbelkörperhöhe wird im Röntgenseitbild nach der Definition der "mittleren Wirbelkörperhöhe" nach MARTIN-SALLER (1957) bestimmt (siehe Abschnitt 2.5.1.).

3. Rechte und linke Wirbelkörperhöhe

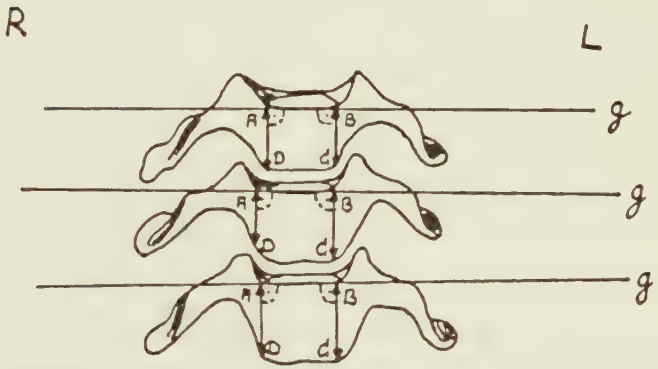


Abbildung 16: Rechte und linke Wirbelkörperhöhe im a.-p.-Röntgenbild (Erläuterung siehe Text)

Durch die medialen Fußpunkte A und B der Uncovertebralfortsätze wird eine Gerade g gezogen. Es werden Senkrechten jeweils in den Punkten A und B konstruiert, die die Wirbelkörperbodenplatte in den Punkten D bzw. C kreuzen. Die Strecken $\overline{AD}$ und $\overline{BC}$ stellen die rechte bzw. linke Wirbelkörperhöhe dar.

4. Wirbelkörperbreite

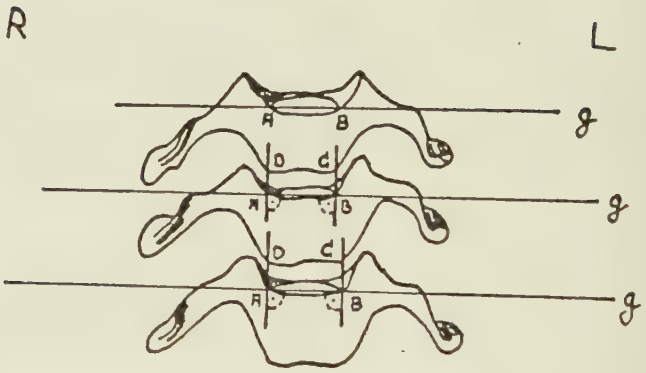


Abbildung 17: Deckplatten- und Bodenplattenbreite im a.-p.-Röntgenbild (Erläuterung siehe Text)

Durch die medialen Fußpunkte A und B der Uncovertebralfortsätze wird eine Gerade g gezogen. Die Strecke $\overline{AB}$ stellt die Deckplattenbreite dar. In den Punkten A und B wird jeweils eine Senkrechte errichtet, die die Bodenplatte des darüberliegenden Wirbelkörpers in den Punkten D und C schneiden. Der Abstand $\overline{DC}$ stellt die Bodenplattenbreite dar.

Aus Gründen der Meßstreckenkonstruktion sind daher die Bodenplattenbreiten der cranialen Wirbel immer gleich der Deckplattenbreiten des nächsten caudalen Wirbels.

5. Wirbelkörpertiefe

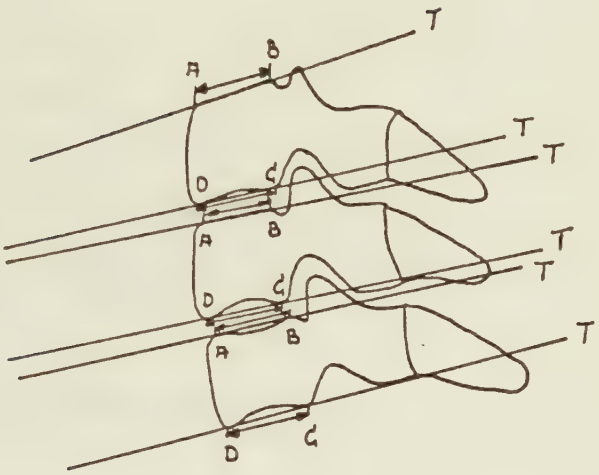


Abbildung 18: Deckplatten- bzw. Bodenplattentiefe im Röntgenseitbild (Erläuterung siehe Text)

Es werden jeweils Tangenten (T) an die Wirbelkörperdeck- und Bodenplatten gelegt. Die auf den Tangenten am weitesten voneinander entfernt liegenden Punkte werden für die Deckplatte als A und B bezeichnet, für die Bodenplatte als D und C. Die Strecken $\overline{AB}$ und $\overline{DC}$ stellen die Deck- und Bodenplattentiefe dar.

6. Höhe und Abstand der Uncovertebralfortsätze

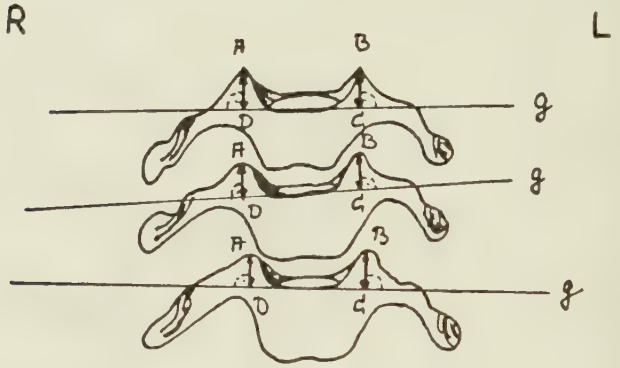


Abbildung 19: Höhe der rechten und linken Processus uncinati im a.-p.-Röntgenbild (Erläuterung siehe Text)

Es wird eine Gerade g durch die Fußpunkte der Uncovertebralfortsätze gelegt. Von den Hakenfortsatzspitzen A und B wird das Lot auf die Gerade g gefällt. Die Lotlinien schneiden die Gerade g in den Punkten D und C. Die Strecken $\overline{AD}$ und $\overline{BC}$ stellen die rechte bzw. linke Uncovertebralfortsatzhöhe dar.

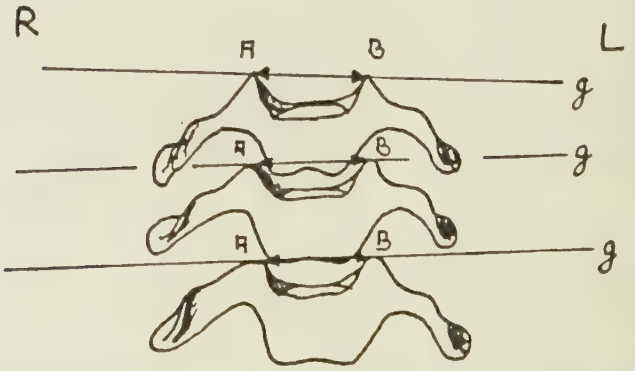


Abbildung 20: Abstand der Processus uncinati im a.-p.-Röntgenbild (Erläuterung siehe Text)

Die Hakenfortsatzspitzen werden mit A und B bezeichnet, durch diese Punkte wird dann eine Gerade g gezogen. Die Strecke $\overline{AB}$ stellt den Abstand der Uncovertebralfortsätze dar.

7. Sagittaler Wirbelkanaldurchmesser

Die Wirbelkanalweiten werden nach der Meßmethode von BOIJSEN 1954) und PAYNE und SPILLANE (1957) im seitlichen Röntgenbild ermittelt (siehe Abschnitt 2.5.3.).

8. Bandscheibenhöhe

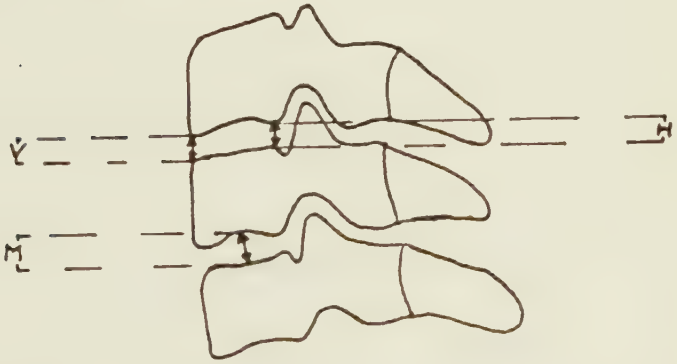


Abbildung 21: Höhenmaße der Bandscheibe im seitlichen Röntgenbild: V = vordere Höhe, M = mittlere Höhe und H = hintere Höhe (Definitionen siehe Text)

Die vordere Höhe entspricht der geradlinigen Entfernung der ventralen Kanten benachbarter Wirbelkörper, die mittlere Höhe der geradlinigen Entfernung der Mitte von benachbarten Wirbelkörper-

endflächen und schließlich die hintere Höhe der geradlinigen Entfernung der dorsalen Kanten benachbarter Wirbelkörper (LENZ 1981).

9. Zwischenwirbellochdurchmesser

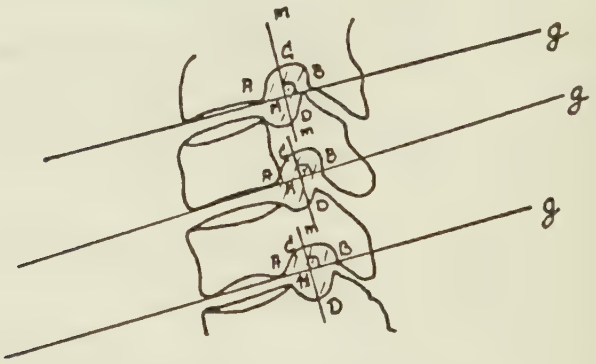


Abbildung 22: Horizontaler bzw. vertikaler Zwischenwirbellochdurchmesser im 45°-Schrägbild (Erläuterung siehe Text)

Man legt eine Verbindungslinie g an die caudalsten Punkte einer Wirbelkörperbodenplatte. Die Strecke $\overline{AB}$ wird durch den dorsalsten Punkt der Wirbelkörperbodenplatte A und den Schnittpunkt der Geraden g mit der dorsalsten Begrenzung des Foramen intervertebrale B begrenzt. Diese Strecke $\overline{AB}$ stellt den horizontalen Zwischenwirbellochdurchmesser dar. Dann sucht man den Mittelpunkt M der Strecke $\overline{AB}$ auf und errichtet in ihm die Senkrechte m. Diese Senkrechte m schneidet die craniale Begrenzung des Foramen intervertebrale im Punkt C und die caudale im Punkt D. Die Strecke $\overline{CD}$ bildet den vertikalen Zwischenwirbellochdurchmesser.

10. Intersegmentalwinkel

Die Intersegmentalwinkelmessungen werden nach der Methode von LENZ und Mitarbeiter (1981) am Röntgenseitbild durchgeführt (siehe Abschnitt 2.5.4.).

11. Lordosegrade

Ebenfalls die Lordosegrade werden nach der Methode von LENZ und Mitarbeiter (1981) an seitlichen Röntgenaufnahmen bestimmt (siehe Abschnitt 2.5.5.).

12. Dornfortsatzwinkel

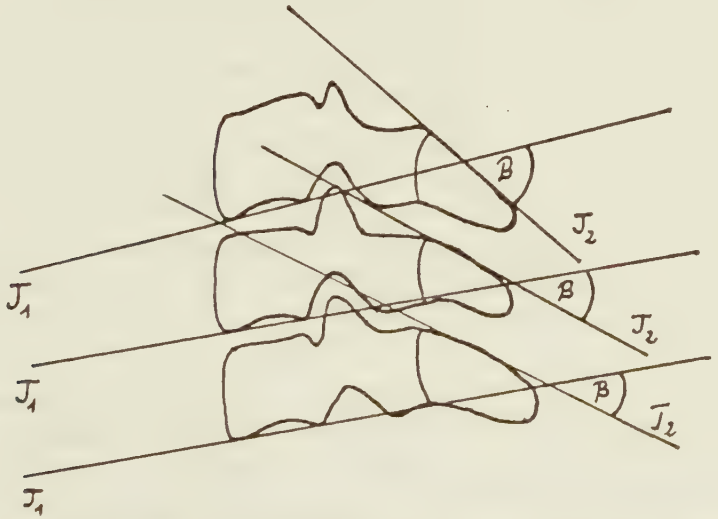


Abbildung 23: Darstellung der Messung des Dornfortsatzwinkels am seitlichen Röntgenbild (Erläuterung siehe Text)

Man legt eine Tangente T_1 an die caudalsten Punkte einer Wirbelkörperbodenplatte und eine zweite T_2

an die am weitesten voneinander entfernt liegenden Punkte der cranialen Dornfortsatzfläche des gleichen Wirbels. Die Tangenten T_1 und T_2 bilden den Dornfortsatzwinkel β .

3.1.2. Einteilung der degenerativen Veränderungen in Schweregrade

1. Spondylosis deformans

Bei der Beurteilung der spondylotischen Veränderungen wird nur die ventrale Spondylose der Wirbelkörperdeck- bzw. -bodenplatte im seitlichen Röntgenbild berücksichtigt. Die dorsalen Veränderungen werden dem Erscheinungsbild der Uncovertebral-Arthrose bzw. Spondylosis uncovertebralis zugerechnet. Um eine Basis für die Untersuchung zu bekommen, werden die Wirbelkörperdeckplatte, die ventrale Fläche des Wirbelkörpers und die Wirbelkörperbodenplatte als glatt und nicht sklerosiert angesehen. Jede Abweichung hiervon wird als beginnender Verschleiß gewertet und in Schweregrade eingeteilt, und zwar:

Schweregrad 1 = leicht: geringgradige, spitzzipflige Ausziehungen

Schweregrad 2 = mittel: Ausziehungen bis zu einer Größenordnung von etwa 2 mm

Schweregrad 3 = stark : größere Randzacken als Schweregrad 2 bis hin zur Spangenbildung

2. Chondrose - Osteochondrose

Das wichtigste Kriterium, die degenerativen Veränderungen der Bandscheiben in Schweregrade einzuteilen, ist die Höhe des Zwischenwirbelraumes im Röntgenseitbild. Es wird davon ausgegangen, daß die Zwischenwirbelabschnitte gleich hoch sind (siehe Abschnitt 3.2.4.). Auch für die Bewertung der Chondrose bzw. Osteochondrose wird eine Einteilung in drei Schweregrade vorgenommen, und zwar:

Schweregrad 1 = leicht:	gerade erkennbare Verschmälerung der Zwischenwirbelscheibe
Schweregrad 2 = mittel:	deutlich erkennbare Verschmälerung mit beginnender subchondraler Sklerose an Deck- bzw. Bodenplatte bis zur Hälfte des durchschnittlichen im Vergleich ermittelten Zwischenwirbelabstandes
Schweregrad 3 = stark :	stärkere Sinterung, bis hin zur Verschmelzung zweier Wirbelkörper

3. Intervertebral-Arthrose (Arthrosis deformans)

Bei der Feststellung der arthrotischen Veränderungen der kleinen Wirbelgelenke wird auf eine Einteilung in Schweregrade verzichtet, da mit den vorliegenden Röntgenaufnahmen eine genaue Differenzierung nicht einwandfrei möglich ist (BUETTI-BÄUML 1954).

Es werden als Kriterium die röntgenologischen Kardinalsymptome der Arthrosen (siehe Abschnitt 2.3.3. herangezogen. Die Veränderungen des Gelenkspaltes werden im seitlichen bzw. in beiden 45°-Schrägaufnahmen (rechts und links) begutachtet.

4. Uncovertebral-Arthrose (Spondylosis uncovertebralis)

Die Beurteilung von Uncovertebral-Arthrosen erfolgt im a.-p.-Röntgenbild. Dabei wird sowohl nach Segmen betroffener Seite sowie den Schweregraden 1 bis 3 differenziert.

Schweregrad 1 = leicht: leichte uncovertebrale Deformierung
Schweregrad 2 = mittel: kolbige Veränderung mit Verschmälerung des physiologischen "Gelenkspaltes
Schweregrad 3 = stark : "kochtopfartige" Ausziehung nach lateral und Kontakt zum benachbarten Wirbelkörper

In diesem Zusammenhang werden die a.-p.-Röntgenbild weiterhin auf eine unphysiologische Rechts- bzw. Linkskippung der Uncovertebralfortsätze, d.h. eine "sichtbare Asymmetrie" durchgesehen (Erläuterung des Begriffes siehe Abbildung 24).

a.-p.-Bild eines Halswirbelkörpers mit normalen Uncovertebralfortsätzen

sichtbare Asymmetrie mit Rechtskippung des Processus uncinatus

sichtbare Asymmetrie mit Linkskippung des Processus uncinatus

sichtbare "Asymmetrie" mit Rechts- und Linkskippung der Processus uncinati

Abbildung 24: Darstellung der "sichtbaren Asymmetrie" der Processus uncinati (Erläuterung siehe Text)

Fällt man das Lot von der Spitze des Hakenfortsatzes auf die Gerade g und die Lotfallinie verläuft innerhalb der Konturen des Processus uncinatus, ist der Uncovertebralfortsatz nicht gekippt. Wird dies nicht erfüllt, liegt eine Rechts- und oder Linkskippung, eine "sichtbare Asymmetrie" vor (Abbildung 24).

3.2. Ergebnisse

3.2.1. Wirbelkörpermaße

Als Ergebnis der morphometrischen Untersuchungen ist zu entnehmen, daß die Streubreite der Wirbelkörpermaße sehr gering bemessen ist.

Die Wirbelkörper nehmen von cranial nach caudal kaum an Höhe zu, so z.B. für die Wirbelkörperhöhe "vorne in der Mitte":
C_3: 11,6 mm, C_4: 11,7 mm, C_5: 11,6 mm, C_6: 11,4 mm und C_7: 12,7 mm. Eine Ausnahme bildet hier nur der Wirbelkörper C_7, er weist die größten Werte in allen Meßreihen auf (Tabelle 2).

Die durchschnittliche vordere und seitliche Wirbelkörperhöhe, gemessen in der Mitte, fällt bei dem Wirbelkörper C_6 mit 11,4 mm niedriger aus, als diejenige der anderen Wirbelkörper. Im mittleren Bereich der Halswirbelsäule findet man im Vergleich zu den Wirbelkörpern C_3 und C_7 die geringsten Höhen (Tabelle 2).

Die Wirbelkörper sind von frontal gesehen rechts und links um ca. 1 mm höher als in der Mitte. Im Seitenvergleich rechts und links fallen keine regelmäßig wiederkehrenden Formabweichungen auf (Tabelle 2).

Im Altersvergleich zeigen die Höhenmaße der Wirbelkörper keine Besonderheiten, sie gleichen dem allgemeinen Durchschnitt (Tabelle 2).

WIRBELKÖRPERHÖHE (n = 140)					
WK:	C_3	C_4	C_5	C_6	C_7
VORNE RECHTS	12,4 ± 1,1	12,1 ± 1,2	12,4 ± 1,1	12,5 ± 1,4	13,2 ± 1,4
I	12,3 ± 1,0	12,3 ± 1,3	12,7 ± 1,1	12,6 ± 1,0	13,5 ± 1,2
II	12,5 ± 1,0	12,1 ± 1,0	12,0 ± 1,0	12,0 ± 2,0	12,6 ± 1,6
III	12,2 ± 2,1	12,0 ± 1,6	12,8 ± 1,6	13,2 ± 0,5	14,0 ± 0,8
VORNE MITTE	11,6 ± 1,3	11,7 ± 1,3	11,6 ± 1,5	11,4 ± 1,8	12,7 ± 1,5
I	11,8 ± 1,3	11,9 ± 1,0	12,2 ± 1,0	11,3 ± 1,6	13,0 ± 1,1
II	11,5 ± 1,3	11,8 ± 1,1	11,3 ± 1,0	11,4 ± 2,3	12,0 ± 1,9
III	11,6 ± 1,7	10,8 ± 1,9	11,0 ± 2,9	11,4 ± 1,3	13,5 ± 1,7
SEITL. MITTE	12,0 ± 0,9	11,4 ± 1,1	11,6 ± 1,2	11,4 ± 1,1	12,8 ± 1,2
I	12,0 ± 1,0	11,5 ± 1,1	11,5 ± 1,4	11,5 ± 1,0	13,0 ± 0,8
II	11,8 ± 0,7	11,3 ± 1,0	11,6 ± 1,0	10,9 ± 1,1	12,4 ± 1,4
III	12,4 ± 0,6	11,2 ± 1,3	12,0 ± 1,4	12,0 ± 1,2	13,7 ± 1,5
VORNE LINKS	12,5 ± 0,8	12,4 ± 1,0	12,4 ± 1,4	12,5 ± 1,5	13,4 ± 1,5
I	12,4 ± 0,8	12,5 ± 0,9	13,0 ± 0,9	12,8 ± 1,1	13,8 ± 1,5
II	12,6 ± 0,9	12,2 ± 0,9	12,2 ± 1,1	12,2 ± 1,9	12,8 ± 1,6
III	12,4 ± 0,9	12,2 ± 1,8	12,0 ± 2,4	12,2 ± 1,8	14,0 ± 0,8

Tabelle 2: Durchschnittliche Wirbelkörperhöhe und deren Altersabhängigkeit in der a.-p.-bzw. seitlichen Übersichtsaufnahme (n = 14

I = bis 39 Jahre
II = 40 - 59 Jahre
III = bis 81 Jahre

Die Breite der Deck- und Bodenplatten nimmt in cranio-caudaler Richtung kontinuierlich zu, z.B. für die Bodenplattenbreite:
C_3: 15,9 mm, C_4: 17,3 mm, C_5: 18,3 mm, C_6: 18,9 mm und C_7: 21,8 mm (Tabelle 3).

Aus meßtechnischen Gründen sind die Bodenplattenbreiten der cranialen Wirbel immer gleich der Deckplattenbreiten des nächsten caudalen Wirbels (Abschnitt 3.1.1. Abbildung 17).

Zwischen benachbarten Wirbeln ist in den horizontalen Meßstrecken ein Mindestunterschied von 1 mm zu verzeichnen. Die größten "Sprünge" in der Breitenzunahme sind von C_3 nach C_4 und von C_6 nach C_7 (Tabelle 3).

Bezüglich der Altersabhängigkeit zeigt sich eine Breitenzunahme sowohl der Deck- als auch der Bodenplatte, besonders in den Altersgruppen II und III. In höherem Alter scheint sich der größte Breitenanstieg mehr auf die Halswirbelsäulenabschnitte C_4 und C_5 bzw. C_5 und C_6 zu beschränken.

Unter Berücksichtigung der unterschiedlichen Verteilung der einzelnen Alterskollektive lassen sich diese Beziehungen allerdings nur deskriptiv verwerten (Tabelle 3).

DECKPLATTENBREITE (n = 140)

WK:	C_3	C_4	C_5	C_6	C_7
	15,7 ± 2,2	15,9 ± 2,1	17,3 ± 2,4	18,3 ± 2,3	18,9 ± 2,9
I	15,7 ± 1,7	16,0 ± 1,7	16,3 ± 2,2	17,7 ± 2,4	18,4 ± 2,9
II	15,0 ± 2,6	15,1 ± 2,5	16,8 ± 1,8	18,0 ± 2,0	18,4 ± 2,9
III	17,2 ± 1,8	17,4 ± 1,3	20,2 ± 1,5	20,2 ± 1,9	20,5 ± 1,3

BODENPLATTENBREITE (n = 140)

WK:	C_3	C_4	C_5	C_6	C_7
	15,9 ± 2,1	17,3 ± 2,4	18,3 ± 2,3	18,9 ± 2,9	21,8 ± 2,0
I	16,0 ± 1,7	16,3 ± 2,2	17,7 ± 2,4	18,4 ± 2,9	21,5 ± 1,6
II	15,1 ± 2,5	16,8 ± 1,8	18,0 ± 2,0	18,4 ± 2,9	21,1 ± 1,7
III	17,4 ± 1,3	20,2 ± 1,5	20,2 ± 1,9	20,5 ± 1,3	24,8 ± 1,7

Tabelle 3: Durchschnittliche Deck- bzw. Bodenplattenbreite und deren Altersabhängigkeit in der a.-p.-Übersichtsaufnahme (n = 140

I = bis 39 Jahre
II = 40 - 59 Jahre
III = bis 81 Jahre

Die Tiefe der Deck- bzw. Bodenplatten nimmt ebenfalls von cranial nach caudal zu, z.B. für die Deckplattentiefe:
C_3: 15,5 mm, C_4: 16,1 mm, C_5: 16,7 mm, C_6: 17,7 mm und C_7: 18,1 mm (Tabelle 4).

Die Bodenplattentiefe aller Wirbelkörper ist ca. um 1 mm größer als die zugehörige Deckplattentiefe. Eine auffällige Ausnahme bildet der siebte Halswirbelkörper, dessen durchschnittliche Bodenplattentiefe etwa derjenigen des fünften Halswirbels entspricht (Tabelle 4).

Im Altersvergleich ergibt die statistische Auswertung gleichermaßen eine Zunahme der Tiefenwerte, mit Ausnahme der Bodenplatte von C_7. Die Altersgruppe III zeigt die größten Tiefenmaße, was jedoch wiederum nur deskriptiv auswertbar ist (Tabelle 4).

DECKPLATTENTIEFE (n = 140)

WK:	C_3	C_4	C_5	C_6	C_7
	15,5 ± 1,4	16,1 ± 2,2	16,7 ± 1,9	17,7 ± 2,3	18,1 ± 2,8
I	15,0 ± 1,8	15,5 ± 1,7	16,3 ± 1,4	17,1 ± 2,3	17,3 ± 2,3
II	15,2 ± 1,8	15,6 ± 2,4	16,2 ± 1,9	17,6 ± 2,2	18,3 ± 3,1
III	17,2 ± 1,1	18,4 ± 1,5	19,0 ± 1,4	20,0 ± 1,0	21,7 ± 2,1

BODENPLATTENTIEFE (n = 140)

WK:	C_3	C_4	C_5	C_6	C_7
	16,6 ± 2,0	17,1 ± 1,9	18,0 ± 2,2	18,7 ± 2,3	18,0 ± 2,6
I	16,2 ± 1,6	16,8 ± 1,6	17,2 ± 1,7	17,8 ± 2,0	17,5 ± 2,1
II	16,0 ± 2,2	16,7 ± 2,0	17,4 ± 2,0	18,3 ± 2,7	17,6 ± 2,9
III	18,6 ± 1,5	19,2 ± 1,3	21,2 ± 1,3	20,8 ± 1,6	21,3 ± 1,7

Tabelle 4: Durchschnittliche Deck- bzw. Bodenplattentiefe und deren Altersabhängigkeit in der seitlichen Übersichtsaufnahme (n = 140)

I = bis 39 Jahre
II = 40 - 59 Jahre
III = bis 81 Jahre

3.2.2. Höhe und Abstand der Uncovertebralfortsätze

Die höchsten Processus uncinati werden bei insgesamt sehr geringer Streubreite der Höhen an dem Wirbelkörper C_6, vorne rechts 5,5 mm und vorne links 5,7 mm, gefunden (Tabelle 5).

Im Seitenvergleich (rechts und links) sind keine Unterschiede in der Höhe festzustellen.

Die statistische Auswertung zeigt, daß die Uncovertebralfortsätze im Altersvergleich einer zunehmenden Abflachung unterliegen. Dies gilt für die Altersgruppen I und II, nicht jedoch für die Gruppe III. Mit nur fünf vermessenen Halswirbelsäulen läßt diese Gruppe keine tendenziösen Aussagen zu (Tabelle 5).

Die Abstände der Processus uncinati korrelieren erwartungsgemäß mit der Breite der Deckplatten und nehmen dementsprechend in cranio-caudaler Richtung zu, z.B. bei C_3: 22,6 mm, bei C_5: 24,0 mm und bei C_7: 27,3 mm (Tabelle 5).

Der größte "Sprung" in den Abständen der Hakenfortsätze befindet sich in der mittleren Etage der Halswirbelsäule zwischen C_4 und C_5 (Tabelle 5).

Auch hier findet man in den verschiedenen Gruppen I, II und III eine altersabhängige Zunahme der Meßwerte.

UNCOVERTEBRALFORTSATZHÖHE (n = 140)

WK:	C_3	C_4	C_5	C_6	C_7
VORNE RECHTS	5,1 ± 1,7	5,3 ± 1,3	4,9 ± 1,2	5,5 ± 1,4	5,4 ± 1,6
I	5,3 ± 1,3	5,2 ± 1,2	5,1 ± 1,3	5,4 ± 1,7	5,5 ± 2,0
II	4,4 ± 1,0	5,0 ± 0,9	4,9 ± 0,9	5,6 ± 1,2	5,2 ± 1,3
III	6,2 ± 3,0	6,2 ± 1,9	4,6 ± 2,1	5,6 ± 0,9	5,8 ± 1,3
VORNE LINKS	4,9 ± 1,9	5,1 ± 1,3	4,9 ± 1,1	5,7 ± 1,4	5,1 ± 1,4
I	5,3 ± 1,5	5,1 ± 1,1	4,8 ± 1,1	5,3 ± 1,5	5,3 ± 1,9
II	4,0 ± 1,3	5,0 ± 1,1	5,4 ± 1,0	5,9 ± 1,0	5,1 ± 1,0
III	6,8 ± 2,4	5,8 ± 2,2	5,2 ± 1,3	6,2 ± 1,8	5,5 ± 1,0

ABSTAND DER UNCOVERTEBRALFORTSÄTZE (n = 140)

WK:	C_3	C_4	C_5	C_6	C_7
VORNE	22,6 ± 2,0	22,6 ± 2,8	24,0 ± 2,1	25,6 ± 2,4	27,3 ± 3,6
I	23,4 ± 2,0	23,0 ± 2,1	23,3 ± 1,6	24,9 ± 2,3	26,4 ± 2,4
II	21,4 ± 1,9	22,3 ± 1,9	23,4 ± 2,0	25,1 ± 1,8	26,4 ± 3,7
III	23,4 ± 1,3	24,8 ± 1,3	26,8 ± 0,8	28,4 ± 2,1	32,5 ± 1,3

Tabelle 5: Durchschnittliche vordere Höhe (rechts u. links) und vordere Abstände der Processus uncinati und deren Altersabhängigkeit in der a.-p.-Übersichtsaufnahme (n = 140)

I = bis 39 Jahre
II = 40 - 59 Jahre
III = bis 81 Jahre

3.2.3. Sagittaler Wirbelkanaldurchmesser

Der sagittale Wirbelkanaldurchmesser bleibt von cranial nach caudal nahezu konstant (Tabelle 6).

WIRBELKANALDURCHMESSER (n = 140)

WK	C_3	C_4	C_5	C_6	C_7
SAGITTALER DURCHMESSER	15,9 ± 1,6	15,7 ± 1,8	15,6 ± 1,8	15,5 ± 1,8	15,7 ± 2
männlich	16,0 ± 1,6	16,1 ± 2,0	16,1 ± 1,8	16,2 ± 1,9	16,4 ± 2
weiblich	15,8 ± 1,6	15,1 ± 1,3	15,0 ± 1,7	14,5 ± 1,1	14,9 ± 1
I	16,4 ± 1,7	16,4 ± 1,4	16,2 ± 1,5	16,3 ± 1,6	16,5 ± 1
II	15,5 ± 1,6	15,1 ± 2,0	15,3 ± 2,2	15,0 ± 1,8	14,7 ± 2
III	15,8 ± 1,6	15,0 ± 1,9	15,2 ± 1,6	15,0 ± 2,1	17,0 ± 1

Tabelle 6: Durchschnittlicher sagittaler Wirbelkanaldurchmesser und dessen Geschlechts- bzw. Altersabhängigkeit im Röntgenseitbild (n = 140)

I = bis 39 Jahre
II = 40 - 59 Jahre
III = bis 81 Jahre

Die geringsten Weiten werden im unteren Abschnitt (C_5 - C_7) der Halswirbelsäule gemessen.

Im Vergleich der Geschlechter weist die männliche Gruppe eine zum Teil erheblich größere Wirbelkanalweite auf als die weibliche.

Mit zunehmendem Alter verschmälert sich der Wirbelkanal in sagittaler Richtung, dies gilt besonders für die Gruppen I und II (Tabelle 6).

3.2.4. Bandscheibenhöhe

Aus den morphologischen Untersuchungen ist insgesamt gesehen die homogene Höhe der Cervicalbandscheiben zu entnehmen (Tabelle 7). Die gemessenen Strecken erreichen ihr Maximum jeweils in der mittleren Höhe, gefolgt von der vorderen und schließlich der hinteren Höhe. Die Bandscheiben besitzen also eine angedeutete, nach dorsal gerichtete Keilform.

Der Zwischenwirbelabschnitt $C_{5/6}$ fällt insgesamt durch die niedrigsten Werte auf. Die höchste Bandscheibe befindet sich hingegen im Segment $C_{6/7}$.

Auffällig ist der altersabhängige Höhenverlust der Bandscheiben in allen Segmenten, bevorzugt jedoch bei $C_{5/6}$. Dies drückt sich gleichermaßen an allen drei Meßstrecken aus. Lediglich die hintere Höhe der Bandscheiben erscheint in den Segmenten $C_{6/7}$ und C_7/Th_1 nur geringfügig beeinflußt.

	$C_{2/3}$	$C_{3/4}$	$C_{4/5}$	$C_{5/6}$	$C_{6/7}$	C_{7}/T_{1}
BANDSCHEIBEN-HÖHE						
VORNE	4,2 ± 1,2	4,4 ± 1,0	4,3 ± 1,2	3,9 ± 1,6	4,5 ± 1,1	4,2 ±
I	4,1 ± 0,7	4,6 ± 0,7	4,7 ± 0,5	4,6 ± 1,0	4,6 ± 1,0	4,4 ±
II	4,4 ± 0,9	4,4 ± 0,7	4,1 ± 1,1	4,4 ± 1,6	4,8 ± 0,9	4,6 ±
III	3,8 ± 2,3	4,0 ± 1,7	3,8 ± 2,2	1,8 ± 0,5	3,6 ± 1,5	3,8 ±
MITTE	5,0 ± 1,3	5,5 ± 0,9	5,3 ± 1,3	4,8 ± 1,6	5,4 ± 1,4	5,1 ±
I	5,0 ± 0,9	5,5 ± 0,7	5,6 ± 0,8	5,3 ± 1,1	5,7 ± 1,1	5,3 ±
II	5,3 ± 0,9	5,6 ± 0,7	5,2 ± 1,2	5,1 ± 1,7	5,8 ± 1,2	5,1 ±
III	4,4 ± 2,5	5,4 ± 1,5	5,0 ± 2,4	3,2 ± 1,6	4,2 ± 1,6	4,3 ±
HINTEN	2,0 ± 0,8	2,4 ± 1,0	2,1 ± 1,0	2,3 ± 1,1	2,8 ± 1,3	2,6 ±
I	2,1 ± 0,8	2,4 ± 0,8	2,3 ± 0,7	2,6 ± 0,7	2,7 ± 0,9	2,6 ±
II	2,0 ± 0,5	2,7 ± 1,0	2,6 ± 0,5	2,4 ± 1,1	2,8 ± 1,3	2,7 ±
III	1,6 ± 1,1	1,8 ± 1,3	1,0 ± 1,4	0,8 ± 0,8	3,0 ± 2,0	2,3 ±

Tabelle 7: Durchschnittliche vordere, mittlere und hintere Bandscheib
höhe und deren Altersabhängigkeit (n = 160)

I = bis 39 Jahre
II = 40 - 59 Jahre
III = bis 81 Jahre

3.2.5. Horizontaler und vertikaler Zwischenwirbellochdurchmesser

Alle Foramina intervertebralia weisen in ihren vertikalen Durchmessern größere Werte auf als in horizontaler Richtung. Das erste Zwischenwirbelloch bei $C_{2/3}$ ist im Verhältnis immer das größte (Tabelle 8).

Die horizontalen Durchmesser nehmen in craniocaudaler Richtung ab, z.B. auf der rechten Seite: $C_{2/3}$: 8,0 mm, $C_{3/4}$: 6,6 mm, $C_{4/5}$: 6,3 mm, $C_{5/6}$: 5,9 mm, $C_{6/7}$: 5,9 mm, C_7/Th_1: 6,1 mm (Tabelle 8).

Die Löcher bei $C_{5/6}$ und $C_{6/7}$ zeigen sowohl rechts als auch links die kleinsten Werte.

Im Altersvergleich wird die Verkleinerung des Durchmessers aller Zwischenwirbellöcher in horizontaler Richtung, besonders wiederum im Bereich $C_{5/6}$ und $C_{6/7}$, deutlich. Diese Beobachtung gilt für die rechte und linke Seite.

Die vertikalen Messungen zeigen eine geringere Streubreite, so daß sich hier kaum tendenziöse Aussagen machen lassen. Eine Zwischenwirbellocheinengung an den Halswirbelsäulenabschnitten $C_{5/6}$ und $C_{6/7}$ läßt sich nicht feststellen.

Ebenfalls ist eine altersbedingte Einengung der Zwischenwirbellöcher in vertikaler Richtung nicht erkennbar (Tabelle 8).

	ZWISCHENWIRBELLOCHDURCHMESSER (ZWLD) (n = 160)					
	$C_{2/3}$	$C_{3/4}$	$C_{4/5}$	$C_{5/6}$	$C_{6/7}$	C_{7}/TH
HORIZONTAL						
RECHTS	8,0 ± 1,5	6,6 ± 1,0	6,3 ± 1,4	5,9 ± 1,6	5,9 ± 1,7	6,1 ± 1
I	8,1 ± 1,3	7,0 ± 1,1	6,8 ± 1,1	6,5 ± 1,4	6,7 ± 1,6	6,4 ± 1
II	7,9 ± 1,8	6,6 ± 0,9	6,6 ± 1,2	6,5 ± 0,7	5,7 ± 1,4	6,4 ± 1
III	7,8 ± 1,3	5,8 ± 0,8	4,8 ± 1,3	4,2 ± 1,3	4,6 ± 1,7	4,5 ± 0
LINKS	8,1 ± 1,1	6,5 ± 1,3	6,2 ± 1,4	5,5 ± 1,7	5,9 ± 1,5	6,1 ± 1
I	8,2 ± 0,9	6,5 ± 1,1	6,5 ± 1,2	6,2 ± 1,3	6,4 ± 1,2	6,5 ± 1
II	8,2 ± 1,4	6,9 ± 1,5	6,7 ± 1,1	5,7 ± 1,0	5,6 ± 1,4	6,1 ± 1
III	7,6 ± 1,1	5,4 ± 1,1	4,8 ± 1,9	2,8 ± 1,7	5,2 ± 2,1	5,3 ± 2
VERTIKAL						
RECHTS	10,9 ± 1,5	9,6 ± 1,4	9,9 ± 1,3	9,5 ± 1,0	9,9 ± 1,2	9,3 ± 1
I	11,0 ± 1,5	9,7 ± 1,6	10,2 ± 1,7	9,8 ± 1,2	10,1 ± 1,2	9,8 ± 0
II	11,2 ± 1,5	9,5 ± 0,9	10,0 ± 1,2	9,2 ± 0,6	9,5 ± 1,3	9,3 ± 1
III	10,4 ± 1,5	9,8 ± 2,2	9,8 ± 0,8	8,8 ± 0,5	9,8 ± 0,8	8,3 ± 1
LINKS	11,0 ± 1,5	9,3 ± 1,4	9,7 ± 1,3	9,7 ± 1,0	9,6 ± 1,1	9,3 ± 1
I	11,0 ± 1,5	9,5 ± 1,2	10,0 ± 1,8	9,9 ± 0,9	9,7 ± 1,1	9,3 ± 0
II	10,9 ± 1,7	9,4 ± 1,2	9,7 ± 0,8	9,6 ± 1,2	9,3 ± 1,2	9,2 ± 1
III	11,2 ± 1,5	9,8 ± 2,2	9,8 ± 0,8	8,8 ± 0,5	9,8 ± 0,8	8,3 ± 1

Tabelle 8: Durchschnittlicher horizontaler und vertikaler Zwischenwirbellochdurchmesser (rechts und links) und dessen Altersabhängigkeit in 45°-Röntgenschrägbild (n = 160)

I = bis 39 Jahre
II = 40 - 59 Jahre
III = bis 81 Jahre

3.2.6. Intersegmentalwinkel

Die Intersegmentalwinkel bzw. der Gelenkneigungswinkel bei $C_{2/3}$ ist mit durchschnittlich 122,6° am kleinsten. Die Werte steigen bis zum Segment $C_{4/5}$ auf 131,2° an, um dann wieder abzunehmen, d.h. die Neigung der Gelenkflächen zur Wirbelkörpergrundplatte wird steiler, um dann später vom Segment $C_{5/6}$ an wieder flacher zu werden (Tabelle 9, Seite 70).

Im Altersvergleich fällt eine Zunahme der Winkelgrade in den Gruppen I und II auf, dies gilt jedoch nicht mehr für die statistisch kaum relevante Gruppe III (Tabelle 9, Seite 70).

3.2.7. Lordosegrade

Aus den gemessenen Winkeln (Tabelle 10, Seite 71) wird ersichtlich, daß die einzelnen Lordosewinkel in recht unterschiedlichem Maße zur Bildung der Gesamtlordose beitragen.

Die Halswirbelsäule ist eher unregelmäßig gekrümmt. Die ausgeprägteste lordotische Ausbiegung besteht mit 7,7° zwischen C3 - C5 und C5 - C7 (6,4°), während die Segmente C4 - C6 und C2 - C4 relativ gesehen nur eine flache Biegung aufweisen (Tabelle 10, Seite 71).

	INTERSEGMENTALWINKEL (n = 160)					
	$C_{2/3}$	$C_{3/4}$	$C_{4/5}$	$C_{5/6}$	$C_{6/7}$	C_7/Th_1
MITTELWERT	122,6	128,4	131,2	130,1	123,7	126,9
STANDARD-ABWEICHUNG	6,8	5,3	4,5	7,3	6,3	6,4
RANGE	44,9	27,5	24,0	51,3	37,3	39,3
Altersgruppen						
- I ($\bar{X}$)	120,5	125,8	129,7	126,2	120,2	125,1
STANDARD-ABWEICHUNG	5,4	5,0	4,6	6,5	5,3	8,4
- II ($\bar{X}$)	119,7	130,9	133,8	134,2	127,8	127,5
STANDARD-ABWEICHUNG	4,7	3,4	5,7	6,4	5,9	4,6
- III ($\bar{X}$)	131,2	129,2	130,7	131,5	123,1	134,0
STANDARD-ABWEICHUNG	5,3	7,5	3,6	6,9	4,5	5,0

Tabelle 9: Durchschnittliche Größe der Intersegmentalwinkel und deren Altersabhängigkeit im Röntgenseitbild (n = 160) (alle Angaben in Winkelgrad)

I = bis 39 Jahre
II = 40 - 59 Jahre
III = bis 81 Jahre

	C2-C4	C3-C5	C4-C6	C5-C7	Mittelwert
LORDOSEWINKEL ($\bar{X}$)	6,9	6,6	5,6	6,4	6,3
STANDARD-ABWEICHUNG	4,0	3,8	3,8	6,6	4,6
RANGE	15,3	14,2	13,8	41,4	21,2
Altersgruppen					
- I ($\bar{X}$)	5,8	5,9	6,5	8,8	6,7
- II ($\bar{X}$)	6,7	6,2	5,5	4,7	5,7
- III ($\bar{X}$)	8,2	7,9	3,5	4,0	5,9

Tabelle 10: Die durchschnittlichen Lordosegrade und deren Altersabhängigkeit (n = 110)

I = bis 39 Jahre
II = 40 - 59 Jahre
III = bis 81 Jahre

Mit zunehmendem Alter zeigt sich insbesondere an den mittleren Abschnitten eine zunehmende Streckstellung, die zum Teil in eine Kyphosierung, in eine kompensatorische Lordose cranial, einmünden kann (Tabelle 10, Seite 71).

3.2.8. Dornfortsatzwinkel

Die statistische Auswertung zeigt, daß der Dornfortsatzwinkel durchschnittlich von C_4 (44,6°) an nach caudal an Größe abnimmt (Tabelle 11). Dies bedeutet, daß die dachziegelartige Neigung der Dornfortsätze in cranio-caudaler Richtung geringer wird.

Auffallend sind die sehr hohen Standardabweichungen bzw. Varianzwerte, was zum Teil für die hohe Variabilität der Dornfortsätze spricht (Tabelle 11).

Im Altersvergleich fällt neben den schon erwähnten Merkmalen auf, daß die Neigung der Dornfortsätze zuerst zunimmt (von Gruppe I nach Gruppe II), im höheren Alter (von Gruppe II nach Gruppe III) jedoch wieder abflacht. Diese Beobachtung hat wegen der ungünstigen Altersverteilung in der Gruppe III keine Bedeutung, sie kann nur descriptiv gewertet werden.

DORNFORTSATZWINKEL (n = 140)					
	C_3	C_4	C_5	C_6	C_7
MITTELWERT	44,6	45,2	39,0	33,3	30,5
STANDARD-ABWEICHUNG	11,0	8,5	10,4	9,3	9,0
RANGE	115,5	69,4	102,9	82,9	77,1
Altersgruppen					
- I ($\bar{X}$)	44,6	44,8	39,1	33,9	29,5
STANDARD-ABWEICHUNG	10,8	9,7	11,7	11,0	9,9
- II ($\bar{X}$)	49,4	47,7	40,4	33,3	30,8
STANDARD-ABWEICHUNG	11,4	8,6	11,2	6,4	6,4
- III ($\bar{X}$)	36,0	41,8	36,4	32,2	31,0
STANDARD-ABWEICHUNG	5,5	4,7	5,7	11,4	14,2

Tabelle 11: Durchschnittliche Größe der Dornfortsatzwinkel und deren Altersabhängigkeit im Röntgenseitbild (n = 140)
(alle Angaben in Winkelgrad)

I = bis 39 Jahre
II = 40 - 59 Jahre
III = bis 81 Jahre

3.2.9. Spondylosis deformans

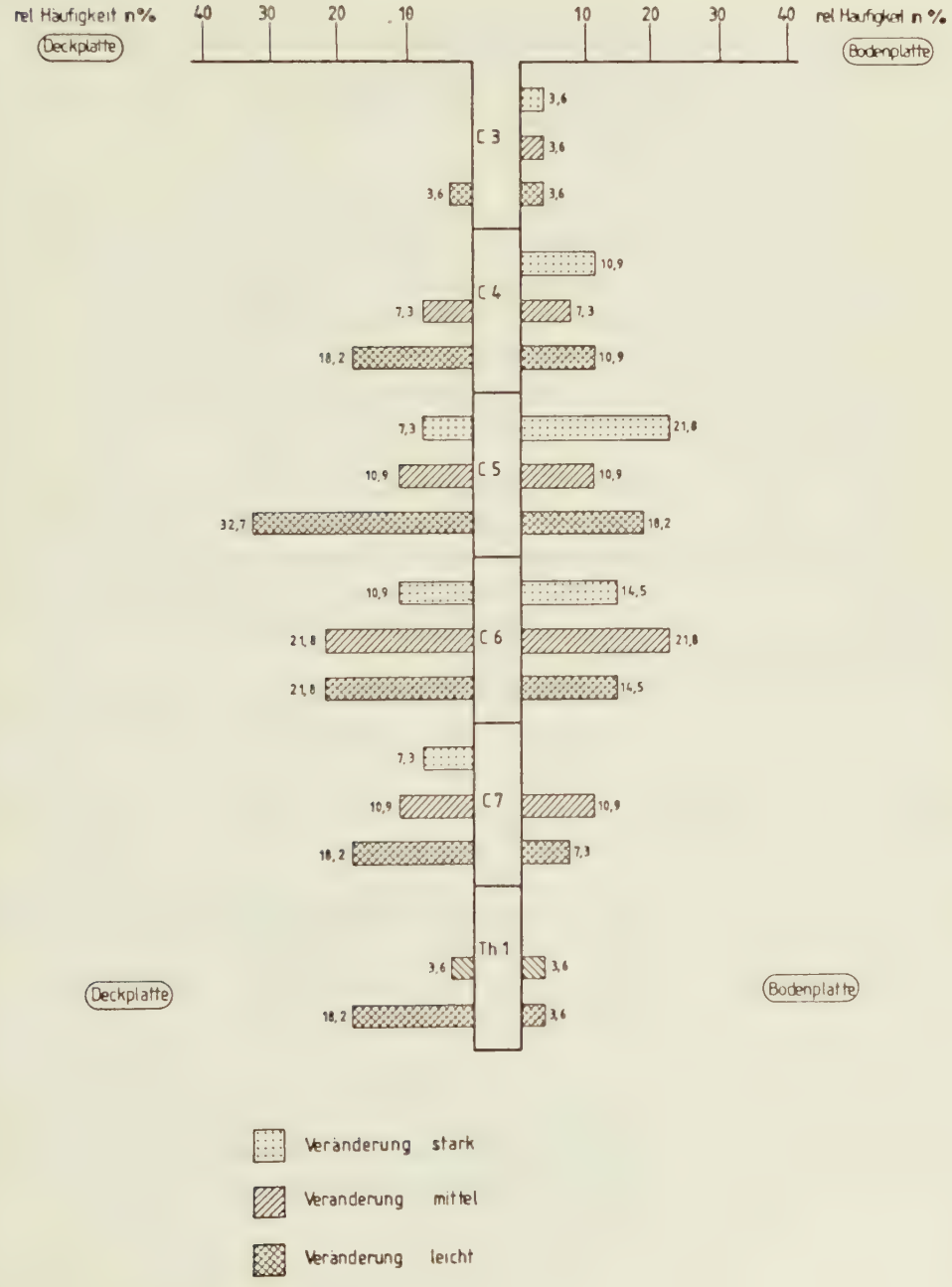
Von den 160 auf spondylotische Veränderungen untersuchten Wirbelkörpern weisen 31,5 % an der Deckplatte und 28,4 % an der Bodenplatte eine Spondylose auf. Die Deckplatte ist in 58,5 % aller Fälle leicht, in 28,3 % mittel und in 13,2 % stark betroffen. An der Bodenplatte befinden sich zu 34,0 % leichte, zu 36,2 % mittelschwere und zu 29,8 % starke spondylotische Randreaktionen (Tabelle 12).

SPONDYLOSE (n = 160)

	DECKPL.	leicht	mittel	stark	BODENPL.	leicht	mittel	stark
Total	31,5	58,5	28,3	13,2	28,4	34,0	36,2	29,8
Gruppe männl.	39,4	59,5	21,6	18,9	34,0	25,0	37,5	37,5
Gruppe weibl.	21,1	60,0	40,0	00,0	21,1	53,3	33,3	13,4
-I bis 39 Jahre	18,6	76,9	15,4	7,7	11,4	37,5	62,5	00,0
-II 40-59 J.	42,4	50,0	35,7	14,3	30,3	50,0	30,0	20,0
-III bis 81J.	62,1	44,4	33,3	22,3	69,0	20,0	30,0	50,0

Tabelle 12: Die relative Häufigkeit in % der Spondylosis deformans im Vergleich der Geschlechts- bzw. Altersgruppen (n = 160)

Abbildung 25 : Lokalisation und Schweregrad der spondylotischen Randzacken (n = 28)



Der geschlechtliche Vergleich ergibt bei den Halswirbelkörpern der männlichen Gruppe eine um ca. 10 % höhere Spondyloserate als bei der weiblichen. Dies gilt sowohl für die Deck- als auch für die Bodenplatte.

Im Alter treten die spondylotischen Randreaktionen vermehrt auf. In der Altersgruppe I und II überwiegt noch die Spondylose der Deckplatte, im hohen Alter (Gruppe III) scheint die Spondylosis deformans der Bodenplatte stärker im Vordergrund zu stehen, obwohl die Degenerationserscheinungen an der Deckplatte ebenfalls stark zunehmen (Tabelle 12).

Bei der Begutachtung der segmentbezogenen spondylotischen Veränderungen fällt eine gehäufte Lokalisation der Spondylose an den Wirbelkörpern C_5 und C_6 auf. Auch eine Steigerung der Schweregrade ist in diesem Bezirk gegeben (Abbildung 25).

Diese Beobachtung bestätigt sich ebenfalls in den Geschlechts- und Altersgruppen.

3.2.10. Chondrose - Osteochondrose

Von 160 Zwischenwirbelabschnitten sind 21,8 % degenerativ verändert. 52,8 % zeigen leichte, 36,1 % mittelschwere und 11,1 % starke Umbauvorgänge (Tabelle 13).

Bei geschlechtsspezifischer Betrachtung weist die männliche Gruppe mit 24,5 % wieder eine weitaus größere Chondrosen- bzw. Osteochondrosenrate auf als die weibliche mit 18,3 %.

CHONDROSE - OSTEOCHONDROSE (n = 160)

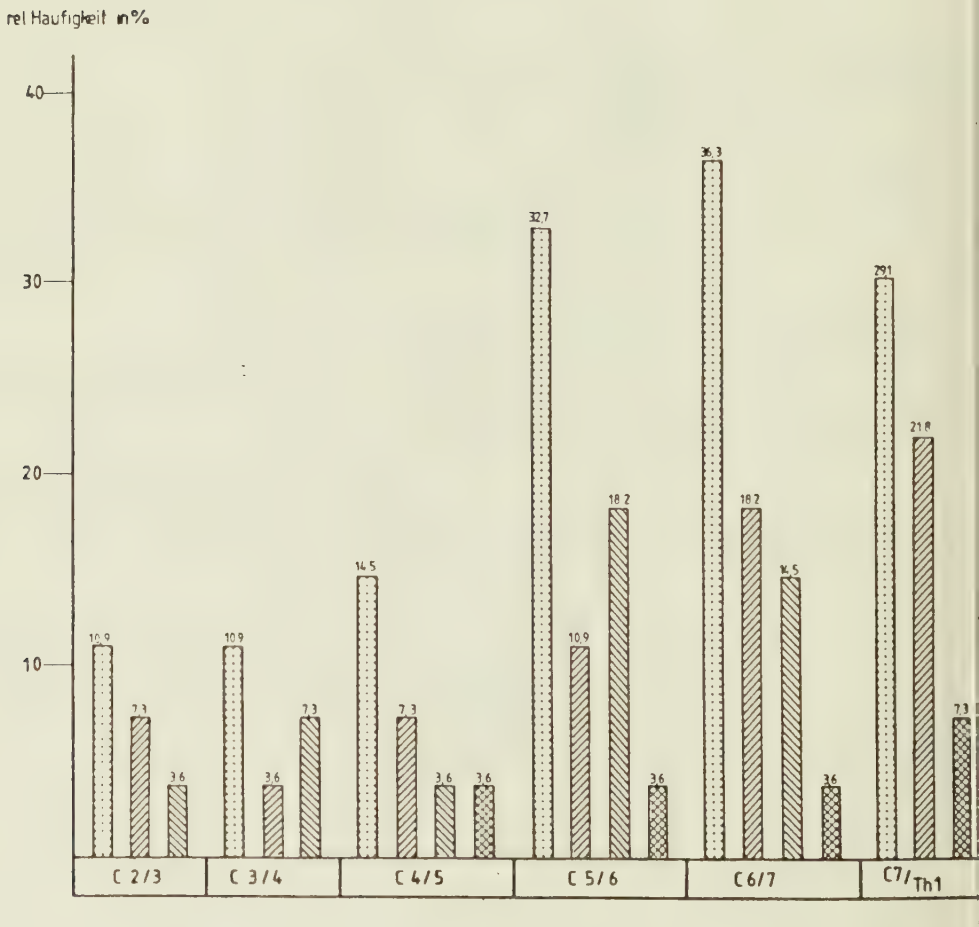
Veränderungen:	insgesamt	leicht	mittel	stark
Total	21,8	52,8	36,1	11,1
Gruppe männl.	24,5	52,2	34,8	13,0
Gruppe weibl.	18,3	53,9	38,5	7,6
- I bis 39 Jahre	2,9	50,0	50,0	00,0
- II 40 - 59 Jahre	28,8	63,2	31,6	5,2
- III bis 81 Jahre	55,2	43,7	37,5	18,8

Tabelle 13: Die relative Häufigkeit in % der Chondrose bzw. Osteochondrose im Vergleich der Geschlechts- und Altersgruppen (n = 160)

Die Altersabhängigkeit der Chondrose bzw. Osteochondrose ergibt, daß in der Altersgruppe I (bis 39 Jahre) kaum degenerative Bandscheibenveränderungen vorliegen (2,9 %), die Häufigkeit steigt dann in der mittleren Altersstufe (40 - 59 Jahre) auf 28,8 %, um erst im hohen Alter Gruppe III (bis 81 Jahre) auf beinahe das Doppelte - 55,2 % - in die Höhe zu schnellen (Tabelle 13).

Bei der Betrachtung der segmentalen Lokalisation der Chondrose bzw. Osteochondrose fällt ein bevorzugter Befall der Zwischenwirbelabschnitte der unteren Halswirbelsäule auf (Abbildung 26).

Abbildung 26: Lokalisation und Schweregrad osteochondrotischer Veränderungen (n=28)



Der degenerative Verschleiß hauptsächlich an der unteren Halswirbelsäule bei $C_{6/7}$ und $C_{5/6}$ läßt sich auch im geschlechtlichen und altersabhängigen Vergleich verfolgen.

3.2.11. Intervertebral-Arthrose (Arthrosis deformans)

Von den insgesamt 320 betrachteten Intervertebralgelenken zeigen 25,5 % rechts und 27,3 % links eine Arthrose.

Eine geschlechtsmäßige Häufigkeitsverschiebung - größere Arthroserate - wird wiederum bei der männlichen Gruppe gefunden.

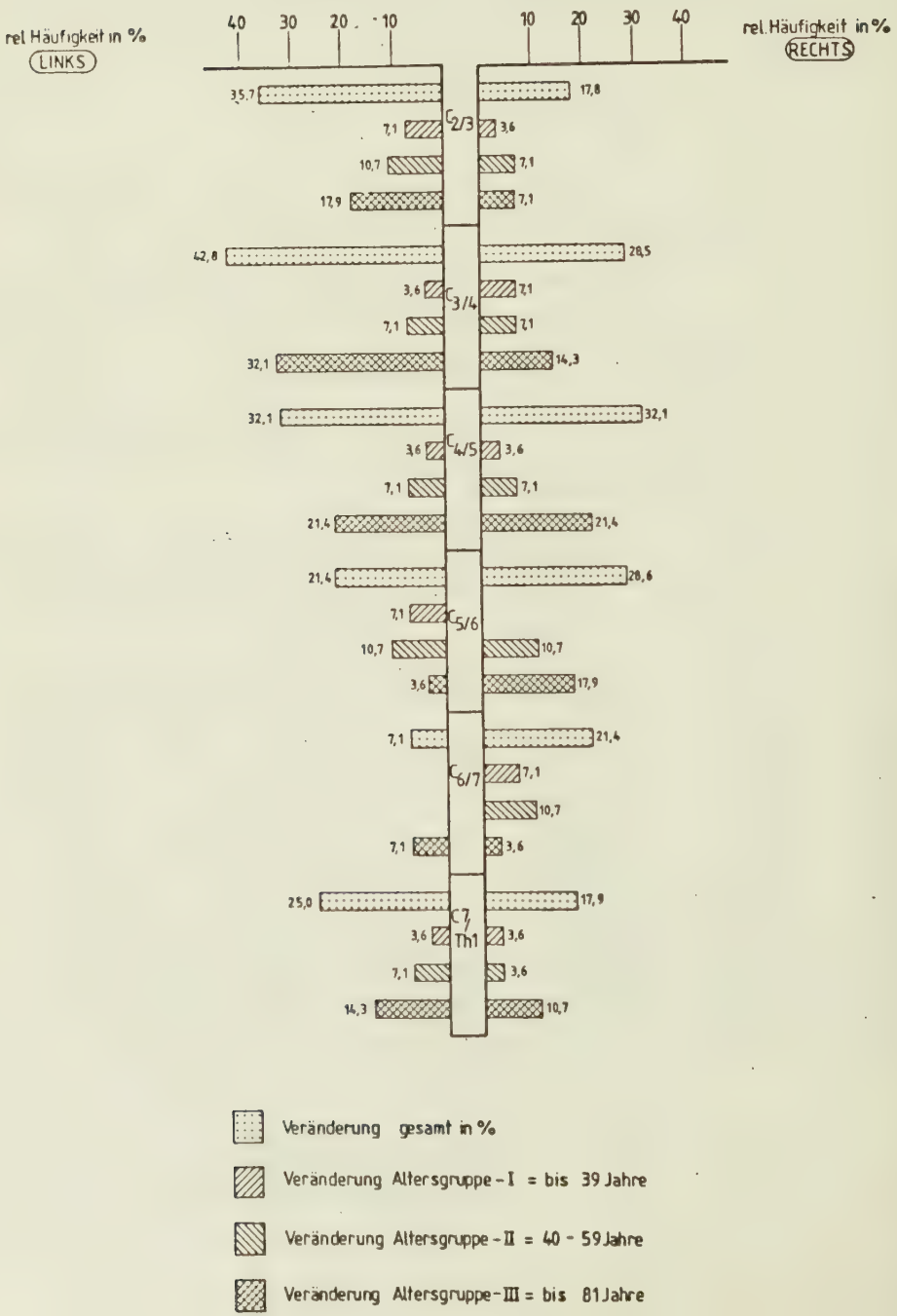
Ebenso kann eine hohe Altersabhängigkeit der Intervertebral-Arthrose bewiesen werden (Tabelle 14).

INTERVERTEBRAL-ARTHROSE (n = 320)

		rechts	links
Total		25,5	27,3
Gruppe männl.		33,0	31,8
Gruppe weibl.		15,5	21,1
- I	bis 39 Jahre	11,4	10,0
- II	40 - 59 Jahre	19,7	18,2
- III	bis 81 Jahre	72,4	93,1

Tabelle 14: Die relative Häufigkeit in % der Intervertebral-Arthrose im Vergleich der Geschlechts- und Altersgruppen (n = 320)

Abbildung 27: Lokalisation und Haufigkeit der Intervertebral-Arthrosen und deren Altersabhängigkeit (n = 28)



Segmentbezogen stellen sich besonders in den oberen Abschnitten $C_{3/4}$ und $C_{4/5}$ der 28 Halswirbelsäulen arthrotische Prozesse der kleinen Wirbelgelenke dar (Abbildung 27).

Dies zeigt sich auch anschaulich in den verschiedenen Altersgruppen.

3.2.12. Uncovertebral-Arthrose (Spondylosis uncovertebralis)

Von 140 zur Verfügung stehenden Wirbelkörpern werden auf der rechten Seite in 22,9 %, links in 25,7 % aller Fälle Uncovertebral-Arthrosen gefunden. Augenfällig ist eine höhere Degenerationsrate der linken Uncovertebralverbindungen (Tabelle 15).

Im geschlechtlichen Vergleich weist die männliche Gruppe einen um ca. 10 % höheren Verschleiß der "Uncovertebralgelenke" auf, was zum Teil im höheren Durchschnittsalter dieser Gruppe bedingt ist.

UNCOVERTEBRAL-ARTHROTISCHE VERÄNDERUNGEN (n = 140)

	RECHTS	leicht	mittel	stark	LINKS	leicht	mittel	sta
Total	22,9	40,6	46,9	12,5	25,7	36,1	47,2	16,
Gruppe männl.	30,0	41,7	45,8	12,5	31,3	36,0	44,0	20,
Gruppe weibl.	13,3	37,5	50,0	12,5	18,3	36,4	54,6	9,
- I bis 39 Jahre	8,3	60,0	40,0	0,0	8,3	60,0	20,0	20,
- II 40-59 J.	10,9	50,0	50,0	0,0	21,8	41,7	58,3	0,
- III bis 81J.	72,0	33,3	44,5	22,2	64,0	25,0	50,0	25,

Tabelle 15: Die relative Häufigkeit in % der arthrotischen Randreaktionen im Vergleich der Geschlechts- und Altersgruppen (n = 140)

In der Altersgruppe I (bis 39 Jahre) sind die Processus uncinati fast ohne degenerative Veränderungen, zwischen 40 und 59 Jahren (Altersgruppe II) ist eine langsame Steigerung der Uncovertebral-Arthrosenrate, besonders der linken Seite, zu verzeichnen. Erst im hohen Alter(Gruppe III bis 81 Jahre) zeigen rechts 72 % und links 64 % aller Uncovertebralverbindungen eine Arthrose (Tabelle 15) In dieser Gruppe ist auffällig, daß mehr die rechte Seite degenerativen Prozessen unterliegt. Diese Beobachtung besitzt jedoch nur deskriptiven Wert.

SICHTBARE ASYMMETRIE (n = 140)

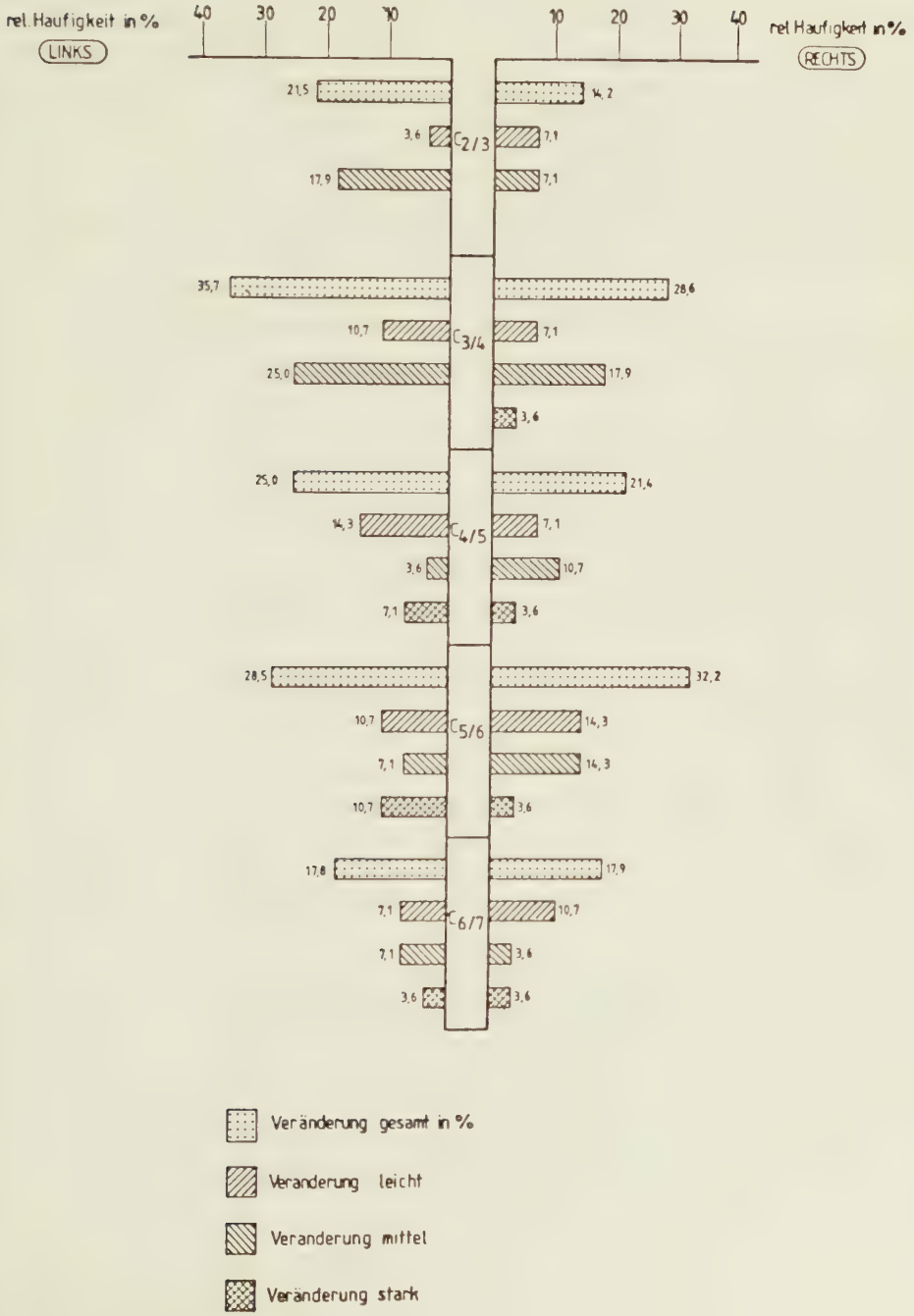
	insgesamt	rechts gekippt	links gekippt
Total	13,6	59,1	40,9
- I bis 39 Jahre	6,7	75,0	25,0
- II 40-59 Jahre	10,9	62,5	37,5
- III bis 81 Jahre	32,0	77,8	22,2

Tabelle 16: Die relative Häufigkeit in % der sichtbaren Asymmetrie und deren Altersabhängigkeit (n = 140)

Sichtbare Asymmetrien wurden in 13,6 % ermittelt, davon weisen 59,1 % der Processus uncinati eine Rechts- und 40,9 % eine Linksneigung auf.

Eine geschlechtsmäßige Häufigkeitsverschiebung der "sichtbaren Asymmetrie" liegt nicht vor, bis auf die auch hier bemerkenswerte Dominanz der Rechtskippung der Uncovertebralfortsätze.

Abbildung 28 : Lokalisation und Schweregrad
der uncovertebralen Veränderungen (n=28)



Liegt die relative Häufigkeit der "sichtbaren Asymmetrie" der Processus uncinati in den Altersgruppen I und II bei 6,7 % bzw. 10,9 %, werden an den Hakenfortsätzen der Gruppe III Asymmetrien von 32,0 % festgestellt, davon sind wiederum die Mehrzahl, 77,8 %, rechts gekippt (Tabelle 16).

Bei der segmentalen Betrachtung der 28 Halswirbelsäulen im anterior-posterioren Strahlengang befinden sich hauptsächlich in den Abschnitten $C_{3/4}$ und $C_{5/6}$ uncovertebrale Veränderungen (Abbildung 28).

4. D I S K U S S I O N

Die morphologischen Untersuchungen an den Halswirbelsäulenröntgenbildern befaßten sich einerseits mit der normalen Anatomie und deren Formabweichungen und andererseits mit den altersabhängig zunehmenden degenerativen Veränderungen.

4.1. Anatomie der Halswirbelsäule (C_3-C_7) und ihre morphometrischen Formabweichungen

Die Höhen der cervicalen Wirbelkörper unterscheiden sich bei den durchgeführten Messungen entsprechend der Durchschnittswerte nur unwesentlich. HOLITSCH (1930), DREXLER (1962), FRIED (1966) und DECKING und ter STEEGE (1975) fanden jedoch in diesem Zusammenhang oft starke Höhenminderungen der Wirbelkörper C_5 und C_6. PSCHIRRER (1968) sah einen solitär "niedrigen Wirbel" hauptsächlich bei C_4 und C_5 in Fällen mit spondylotischen und osteochondrotischen Veränderungen. Diese Formabweichungen können in dem vorliegenden Material nur in geringem Maße bestätigt werden, da das Durchschnittsalter des Gesamtkollektivs mit 46 Jahren sehr niedrig liegt und altersabhängige Umbauvorgänge der Wirbelkörper noch nicht so sehr fortgeschritten sind.

Die Deck- und Bodenplattenbreiten, die Uncovertebralfortsatzhöhen und deren Abstände wurden im a.-p.-Röntgenbild bisher noch nicht so ausführlich vermessen und können daher in keinen Vergleich gezogen werden. Die Deck- und Bodenplattenbreite sowie die mit der Deckplattenbreite korrelierenden Abstände der Processus uncinati nehmen in cranio-caudaler

Richtung zu. Die Wirbelkörper vergrößern sich nach caudal, also nur in der Breite und bleiben in der Höhe nahezu konstant. Im Alter nehmen sowohl die Breiten der Deck- und Bodenplatten als auch die Abstände der Uncovertebralfortsätze zu, die durch degenerative Umbauprozesse einer Abflachung zur Seite unterliegen. Bis auf diese anatomische Varianz zeigen die Hakenfortsätze eine geringe Streubreite in ihren Höhen.

Die Werte der Deck- und Bodenplattentiefe, die bereits von DREXLER (1962) unter dem Terminus Deck- und Bodenplattenbreite gemessen wurden, stimmen mit diesen in etwa überein (siehe Abschnitt 2.2.1.). Zu bedenken ist allerdings, daß DREXLER seine Halswirbelsäulenröntgenseitaufnahmen von lebenden Personen in einem anderen Film-Fokus-Abstand erstellte. Die Meßergebnisse von DECKING und ter STEEGE (1975) kommen nicht für einen Vergleich infrage, da sie nur die jugendliche Halswirbelsäule untersuchten. Insgesamt ergeben alle Wirbelkörpermaße, bis auf die Wirbelkörperhöhen, eine relevante Altersabhängigkeit, die auf bereits frühzeitig einsetzende ossäre An- bzw. Umbauvorgänge hindeuten.

Der sagittale Wirbelkanaldurchmesser der unteren Halswirbelsäule unterliegt sehr geringen Schwankungen, was von BOIJSEN (1954), PAYNE und SPILLANE (1957) und DECKING und ter STEEGE (1975) schon früher erwähnt wurde. Direkte Zahlenvergleiche der genannten Autoren sind nicht sinnvoll, da sie einen anderen Film-Fokus-Abstand gewählt haben. Eine größere Wirbelkanalweite der männlichen Gruppe wird ebenfalls durch die Messungen von PAYNE und SPILLANE (1957) unterstrichen. Die Durchmesserwerte des Wirbelkanals nehmen im Abschnitt C_5 - C_7, besonders im Alter, ab,

da die dorsalen Osteophyten, zum größten Teil bedingt durch eine Spondylosis uncovertebralis, die zentralen Bandscheibenvorfälle und die hypertrophische Degeneration der Ligamenta flava in diesem Halswirbelsäulenbereich im Verlauf des Lebens verstärkt zunehmen (BOIJSEN 1954). Die "Bevorzugung" gerade des Bezirkes C_5 - C_7 erklärt sich durch die größte Beweglichkeit in diesem Bereich (DE SEZE und Mitarbeiter (1951), BUETTI-BÄUML (1954) und DÖRFEL (1955)).

Die Vermessung der Bandscheibenhöhen ergab eine nach dorsal gerichtete Keilform der Zwischenwirbelscheibe. Die niedrigste Bandscheibe wurde im Segment $C_{5/6}$, die höchste bei $C_{6/7}$ gefunden. DREXLER (1962), BOWDEN (1966) und RIZZI (1979) kamen anhand ihrer röntgenologischen Vermessungen zu gleichen Ergebnissen. DECKING's und ter STEEGE's (1975) Werte der Bandscheibenhöhen, die ein viel jüngeres Alterskollektiv (3 - 25 Jahre) auswählten, konnten nicht bestätigt werden.
Der Höhenverlust der Bandscheiben im Alter kommt durch den Wasserverlust des Gallertkerns (JUNGHANNS 1952), durch Bewegungsmangel (KRÄMER 1979) und die dann einsetzenden Degenerationsprozesse zustande. Die bevorzugte Höhenabnahme des Zwischenwirbelabschnittes $C_{5/6}$ wird im Zusammenhang der Osteochondrose näher diskutiert.

Der große vertikale Zwischenwirbellochdurchmesser und der kleinere horizontale beschreiben anschaulich SCHMORL's (1932) anatomischen Vergleich des Foramen intervertebrale mit einer "Schuhsohle". PAYNE's und SPILLANE's (1957) Aussagen über den vertikalen Durchmesser (ca. 10 mm) konnten bestätigt werden,

die Angabe für den transversal horizontalen Zwischenwirbellochdurchmesser (ca. 5 mm) erschien zu klein. Die kleinsten Foramina intervertebralia wurden an den Halswirbelabschnitten $C_{5/6}$ und $C_{6/7}$ gefunden. BARTSCH und Mitarbeiter (1955) und KRAHL und GWIZDEK (1980) beschrieben ebenfalls eine Einengung der Zwischenwirbellöcher in diesem Bereich. Ursachen sind Traumen, Bandscheibendegenerationen, Spondylosen, Intervertebral-Arthrosen und Uncovertebral-Arthrosen (HADLEY 1944).

Die Intersegmental- bzw. Gelenkneigungswinkel konnten, da nach der Meßmethode von LENZ und Mitarbeitern (1981) vorgegangen wurde, genauestens überprüft und verglichen werden. Trotz unterschiedlicher Altersverteilung bestätigte es sich, daß der Intersegmentalwinkel bei $C_{2/3}$ durchschnittlich der kleinste ist und dann bis $C_{4/5}$ ansteigt, um dann schließlich bei $C_{6/7}$ wieder zurückzufallen. Auch, daß der Winkel bei C_7/Th_1 diese Reihenfolge unterbricht, wurde festgestellt (Tabelle 17). Eine weitere Parallelität fiel auf, daß sich im Altersvergleich zuerst die Gelenkneigungswinkel aller Segmente vergrößern, d.h. die Neigung der Gelenkflächen zur Wirbelkörpergrundplatte steiler wird. Dieser Trend im hohen Alter ließ sich jedoch ebenfalls auch mit den eigenen Ergebnissen nicht nachweisen.

Intersegmentalwinkel

	Eigene Werte ($\bar{X}$)	LENZ und Mitarbeiter ($\bar{X}$)
$C_{2/3}$	122,6	116,9
$C_{3/4}$	128,3	127,0
$C_{4/5}$	131,2	130,8
$C_{5/6}$	130,1	128,8
$C_{6/7}$	123,7	121,0
C_7/Th_1	129,9	124,2

Tabelle 17: Vergleich der Intersegmentalwinkel des eigenen Materials mit den Ergebnissen von LENZ und Mitarbeitern (1981)

Da die aus der Literatur ersichtlichen Meßverfahren (siehe Abschnitt 2.5.5.) im allgemeinen nur die Gesamtlordose berücksichtigen, ergaben sich nur Vergleichsmöglichkeiten zu den Angaben von DREXLER (1962) und LENZ und Mitarbeiter (1981). Die Lordosegrade wurden nach der Methode von LENZ und Mitarbeiter (1981) bestimmt.

	Lordosegrade			
	C2-C4	C3-C5	C4-C6	C5-C7
Eigene Werte ($\bar{X}$)	6,9	6,6	5,6	6,4
LENZ (1981) ($\bar{X}$)	6,4	6,7	2,4	5,0
DREXLER (1962) ($\bar{X}$)	7,8	3,6	0,7	3,2

Tabelle 18: Vergleich der Lordosegrade des eigenen Materials mit den Ergebnissen von LENZ und Mitarbeiter (1981) und DREXLER (1962)

Im direkten Vergleich liegen die Meßwerte von DREXLER (1962), der die Lordosegrade an Halswirbelsäulenröntgenseitbildern von lebenden Personen ermittelte, für die cranialen Abschnitte höher und in den Segmenten C4 - C5 niedriger, so daß von der Tendenz her gleiche Kompensationsvorgänge trotz unterschiedlicher Meßtechnik (siehe Abschnitt 2.2.5.) ersichtlich werden.
Die Lordosegrade von LENZ und Mitarbeitern (1981), ebenfalls an Lebenden über ein Röntgenseitbild gemessen, liegen in den Segmenten C2 - C4, C3 - C5 und C5 - C7 im Bereich der eigenen Werte, im Abschnitt C4 - C6 sind die Lordosewinkel jedoch kleiner. Diese Abweichung könnte an dem anderen Durchschnittsalter liegen (Tabelle 18).

Insgesamt scheinen die Kapselbandpräparate vermehrt lordosiert. Diese Beobachtung läßt sich mit der Retraktionskraft der elastischen Ligamenta flava an den Präparaten erklären. Dieses Phänomen beobachtete GÜNTZ (1959) bereits an Sektionspräparaten des Lumbosacralbereichs.

BUETTI-BÄUML (1954) behauptet, die Lordose des Gesunden weise unabhängig vom Alter eine mehr oder weniger ausgeprägte, aber stets harmonisch gekrümmte Lordose auf. Nach den eigenen Untersuchungen und denen von LENZ und Mitarbeitern (1981) sowie DREXLER (1962) ergibt sich die Gesamtkrümmung der Halswirbelsäule aus drei unterschiedlich stark gebogenen Abschnitten. Der Krümmungsverlust gerade der mittleren Abschnitte läßt vermuten, daß sich hier chondrotisch bedingte Höhenminderungen der Bandscheibe am häufigsten und besonders frühzeitig manifestieren.

Im Gegensatz zu BUETTI-BÄUML (1954) und MARKUSKE (1971) unterstreichen die eigenen Werte der Lordosegradmessung die Ansichten von BÄRTSCHI-ROCHAIX (1949), SCHÜLLER (1954) und FINEMAN und Mitarbeiter (1963), daß im Alter und mit gleichzeitiger Spondylosis deformans bzw. Osteochondrose eine Abflachung der Lordose entsteht. EXNER (1954) sieht in der Streckung der Halswirbelsäule ein röntgenologisches Frühzeichen für pathologische Veränderungen. Andere Autoren u.a. ALBERS (1954), BROCHER (1955), SCHÖN (1956), TEPE (1956) und AUFDERMAUR (1960) messen der Geradhaltung der Halswirbelsäule keine Bedeutung bei.

Der Dornfortsatzwinkel beschreibt die jalousieartige Stellung der Processus spinosi. Die Neigung des Dornfortsatzes nimmt im Mittelwert in cranio-caudaler Richtung ab. Die Aussage,daß die Neigung der Dornfortsätze im Alter zuerst zunimmt und später im hohen Alter wieder abnimmt, scheint für die vermessenen Halswirbelsäulen nur descriptiven Wert zu besitzen. Statistisch läßt sich diese Vermutung nicht absichern, da das Kollektiv der dritten Altersgruppe (bis 81 Jahre) zu gering vertreten ist.

Außerdem weisen die Dornfortsätze eine große Variabilität in Form und Neigung auf (EXNER 1954, JIROUT 1966). Ein weiterer Punkt, der die hohe Schwankung der Dornfortsatzwinkel erklären würde, ist die Unzulänglichkeit der Meßmethode. Das Aufsuchen der am weitesten voneinander entfernt liegenden Punkte der cranialen Dornfortsatzfläche (siehe Abschnitt 3.1.1., Punkt 11) ist sehr subjektiv, damit fehlerhaft und kaum reproduzierbar.

4.2. Degenerative Veränderungen der Halswirbelsäule (C_3 - C_7)

Nach RÜBE und SCHULTE (1974) ist die Spondylosis deformans die häufigste der degenerativen Veränderungen.
Dies spiegelt sich auch in den eigenen Untersuchungen wieder, nachdem von den 160 begutachteten Wirbelkörpern 31,5 % an der Deckplatte und 28,4 % an der Bodenplatte spondylotische Veränderungen aufwiesen. Wie auch von anderen Autoren konnte festgestellt werden, daß mit fortschreitendem Alter eine kontinuierliche Häufigkeitszunahme und Verstärkung der Spondylosis cervicalis zu beobachten ist (SCHINGNITZ 1932, OBER 1936, COCCHI 1950, EPP 1950, BECKER 1954, AUFDERMAUR 1960, SINGELMANN 1972). Obwohl die prozentualen Zahlenangaben der einzelnen Autoren nicht direkt zu vergleichen sind, da sich erstens die Kapselbandpräparate in der Altersverteilung anders zusammensetzen und zweitens die relative Spondylosenhäufigkeit im Verhältnis zu der Vielzahl der Wirbelkörper und nicht zur Anzahl der Halswirbelsäulen ermittelt wurden, bestehen jedoch keine grundsätzlichen Unterschiede. Geschlechtsabhängige Unterschiede der Spondylosis deformans zugunsten der männlichen Gruppe dürften hauptsächlich in der Unterzahl der Sektionspräparate und dem niedrigeren Durchschnittsalter der weiblichen Gruppe resultieren oder aus den ausgeübten Berufen (GANTENBERG 1930), die jedoch nicht registriert werden konnten. Auch bei der ermittelten größeren Chondrosen- bzw. Osteochondrosenrate der männlichen Gruppe wäre dies eine Erklärung.

Die chondrotischen bzw. osteochondrotischen Veränderungen wurden bei insgesamt 160 untersuchten

Zwischenwirbelabschnitten in 21,8 % der Fälle ermittelt. Der bei der Aufteilung der Chondrose und Osteochondrose nach Altersklassen ermittelte Trend, wonach degenerative Veränderungen der Bandscheiben mit zunehmendem Alter sowohl an Stärke als auch an Häufigkeit fortschreiten, deckt sich ebenfalls mit den in der Literatur beschriebenen Ergebnissen (u.a. EPP 1950, SÜSSE 1954, GATZWEILER 1955, SINGELMANN 1972, RÜBE und SCHULTE 1974).

Da sich die Erscheinungsformen der Spondylose und der Chondrose bzw. Osteochondrose hauptsächlich an den unteren Abschnitten der Halswirbelsäule manifestieren und die Erklärung ihrer Entstehung nahezu identisch ist, werden sie gemeinsam diskutiert.

Am häufigsten betroffen von spondylotischen Randzacken sind nach eigener Untersuchung die Wirbelkörper C_5 und C_6. Ähnliche Ergebnisse liest man bezüglich der segmentalen Spondylosenhäufigkeit u.a. bei EXNER (1954), JIROUT (1966), SINGELMANN (1972), SATERNUS (1979).

Chondrotische und osteochondrotische Prozesse befinden sich nach der vorliegenden Untersuchung vermehrt an den Segmenten $C_{6/7}$ und $C_{5/6}$. Diese Beobachtung deckt sich mit den Arbeiten von SÄKER (1952), SÜSSE (1954), KUHLENDAHL und KUNERT (1956), TEPE (1956) und SINGELMANN (1972).

Die auffällige Lokalisation der Spondylose und Osteochondrose an den unteren Abschnitten der Halswirbelsäule läßt sich mit der Erkenntnis ECKLIN's (1960) und TÖNDURY's (1974) erklären, daß die unteren Halswirbelbandscheiben wegen ihrer ganz anderen Belastung Zermürbungsprozessen viel eher unterlegen

sind als höher gelegene. Die größte Beweglichkeit der Halswirbelsäule liegt in den Segmenten $C_{5/6}$ und $C_{6/7}$ bei der Flexion und Extension (BAKKE 1931, DE SÈZE 1951, DÖRFEL 1955). Außerdem begründen BRADFORD (1922) und SPURLING (1953) die degenerativen Veränderungen an den unteren Halswirbelsäulenbandscheiben, weil sie direkt zwischen der noch frei beweglichen Halswirbelsäule und der fixierten Brustwirbelsäule liegen.

Von den 320 begutachteten kleinen Wirbelgelenken zeigten 25,5 % rechts und 27,3 % links eine Intervertebral-Arthrose. Eine deutlich vermehrte degenerative Veränderung der linken Intervertebralgelenke wie sie von FRANCIS (1956) beobachtet wurde, konnte nicht festgestellt werden.

FRANCIS (1956) und AUFDERMAUR (1960) fanden die häufigsten Intervertebral-Arthrosen bei $C_{3/4}$ und $C_{4/5}$. Sowohl in diesem Punkt als auch hinsichtlich der gefundenen altersabhängigen Zunahme intervertebraler Veränderungen konnten die Ergebnisse der Literatur bestätigt werden.

Uncovertebralarthrosen wurden nach Durchsicht von 140 Wirbelkörpern auf der rechten Seite in 22,9 %, links in 25,7 % aller Fälle gefunden.
AUFDERMAUR (1960) wies in seiner Untersuchung nach, daß die ausgeprägte Spondylosis uncovertebralis erst im sechsten Lebensjahrzehnt verstärkt in Erscheinung tritt. Diese Aussage konnte am eigenen Material bewiesen werden sowie die häufigste Lokalisation der Uncovertebralarthrosen bei $C_{3/4}$ und $C_{5/6}$ (u.a. GIRAUDI 1931, KROGDAHL und TORGERSEN 1940, LIECHTI 1944, BÄRTSCHI-ROCHAIX 1949). Diese Prädilektionsstellen werden in der Literatur mit der besonders

ausgeprägten Beweglichkeit der Halswirbelsäule in diesem Bereich begründet. Einseitige Deformierungen der "Uncovertebralgelenke", an den untersuchten Kapselbandpräparaten mehr links, führt BÄRTSCHI-ROCHAIX (1949) auf Traumen zurück.

Mit dem Begriff "sichtbare Asymmetrie" soll neben den rein arthrotischen Erscheinungsformen der Uncovertebralgelenke isoliert auf die Stellung der Processus uncinati eingegangen werden, um irgendwelche Anomalien herauszuarbeiten.

13,6 % von 140 Wirbelkörpern wiesen eine "sichtbare Asymmetrie" ihrer Uncovertebralfortsätze auf, 59,1 % sind rechts und nur 40,9 % links gekippt.

Der Seitneigung stehen die Processus uncinati und die Schrägstellung der Halswirbelgelenke entgegen, so daß die Halswirbelsäule bei versuchter Lateralneigung als Begleitbewegung eine Rotation ausführt (LEWIT 1964). Die Rotation des Wirbelkörpers kann im Laufe der Jahre eine Abflachung der oberen medialen Kontur des Processus uncinatus an der der Rotation abgewandten Seite verursachen (JIROUT 1966). Liegen bei Halswirbelsäulen Skoliosen vor, überwiegt im Normalfalle die Rotation gegen den Skoliosensinn. Erst als ernstzunehmende Funktionsstörung der Halswirbelsäule sind Skoliosen mit Rotation in der Skoliosenrichtung anzusehen (LEWIT 1977). Da nach eigener Untersuchung und nach JIROUT (1966) und nach KRAHL und GWIZDEK (1980) die Halswirbelsäule zum größten Teil linkskonvex gebogen ist, liegt im Falle der Rotation in Skoliosenrichtung, also nach links, eine verstärkte Kippung des Uncovertebralfortsatzes der der Drehbewegung abgewandten Seite vor, also rechts.

JIROUT (1966) machte außerdem noch die Beobachtung, daß die Rotation der Halswirbelsäule über die Dornfortsätze übertragen wird und eine Dornfortsatzasymmetrie im Laufe der Zeit Auswirkungen auf die Uncovertebralfortsätze haben muß.
LENZ (1981) jedoch konnte nachweisen, daß An- und Umbauvorgänge der Processus uncinati von Gelenkfacettenasymmetrien abhängig sind.

5. Z U S A M M E N F A S S U N G

Nach einleitender Darstellung der Entwicklungsgeschichte, der normalen Anatomie und den degenerativen Veränderungen der Halswirbelsäule (C_3-C_7) wurde im "Allgemeinen Teil" genauer auf die Standardröntgenaufnahmen der Halswirbelsäule und im folgenden - in Anlehnung an die einschlägige Literatur - auf die verschiedenen röntgenologischen Meßmethoden eingegangen.

Im "Speziellen Teil" wurden von insgesamt 28 zur Verfügung stehenden Leichenpräparaten der Halswirbelsäule Röntgenbilder in vier Ebenen angefertigt. Von den Obduzierten waren 12 weiblichen und 16 männlichen Geschlechts. Die Kapselbandpräparate wurden in drei Altersgruppen unterteilt: Gruppe I bis 39 Jahre, Gruppe II 40 - 59 Jahre und Gruppe III bis 81 Jahre.
An den vorliegenden Röntgenbildern wurden einerseits Messungen von Strecken und Winkeln zur genaueren Beschreibung der Anatomie der Halswirbelsäule - inclusive der anatomischen Varianten - durchgeführt und andererseits wurden die Röntgenbilder auf degenerative Veränderungen an der Halswirbelsäule untersucht.
Zum größten Teil wurden die gemessenen Strecken bzw. Winkel, wenn nicht schon in der Literatur erwähnt, genauestens mit Hilfe einer Konstruktionszeichnung definiert, um eine spätere Reproduzierbarkeit zu gewährleisten. Die Meßergebnisse wurden mit einem Meßprotokoll registriert und später statistisch insgesamt und nach Geschlechts- und Altersgruppen bearbeitet.

Die Meßwerte an den Wirbelkörpern (Wirbelkörperhöhen, -breiten und -tiefen sowie die Höhen der Uncovertebralfortsätze und deren Abstände) ergaben keine große Streubreite.

Der sagittale Wirbelkanaldurchmesser zeigt im unteren Bereich der Halswirbelsäule keine große Variabilität.

Die Bandscheibenvermessung ergab, daß der Zwischenwirbelraum $C_{5/6}$ der niedrigste ist, und daß die Keilform der Bandscheibe nach allgemeiner Ansicht der Hauptfaktor für die lordotische Sagittalkrümmung der Halswirbelsäule ist.

Der vertikale Zwischenwirbellochdurchmesser ist größer als der horizontale. Die kleinsten Foramina intervertebralia wurden an den Halswirbelsäulenabschnitten $C_{5/6}$ und $C_{6/7}$ gefunden.

Die Intersegmental- bzw. Gelenkneigungswinkelmeßmethode nach LENZ und Mitarbeiter (1981) konnte überprüft und bestätigt werden.

Dies gilt ebenfalls für die Lordosegradmessung. Es konnte gezeigt werden, daß die Gesamtkrümmung der Halswirbelsäule aus drei unterschiedlich stark gebogenen Abschnitten besteht.

Die Messung des Dornfortsatzwinkels erbrachte keine neuen Einzelheiten.

Die degenerativen Veränderungen der Halswirbelsäule wurden in Schweregrade eingeteilt, um sie vergleichbar zu machen. Die relative Häufigkeit der Verschleißerscheinungen wurde in Relation zur Vielzahl

der Wirbelkörper und segmentbezogen zur Anzahl der Halswirbelsäulen errechnet.

Eine Spondylosis deformans wiesen von 160 Wirbelkörpern 31,5 % an der Deckplatte und 28,4 % an der Bodenplatte auf. Von allen 28 Kapselbandpräparaten wurden spondylotische Randzacken am häufigsten am Wirbelkörper C_5 und C_6 gefunden.

Chondrosen - Osteochondrosen zeigten von 160 Zwischenwirbelabschnitten 21,8 %. Am häufigsten betroffen waren die Bandscheiben an den Segmenten $C_{6/7}$ und $C_{5/6}$.

Von 320 untersuchten kleinen Wirbelgelenken hatten rechts 25,5 % und links 27,3 % eine Intervertebral-Arthrose. Die Lokalisation der meisten arthrotischen Veränderungen lag bei den Halssegmenten $C_{3/4}$ und $C_{4/5}$.

Von 140 Wirbelkörpern wiesen rechts 22,9 % und links 25,7 % eine Uncovertebral-Arthrose auf. Die Halswirbelsäulenabschnitte $C_{3/4}$ und $C_{5/6}$ waren am häufigsten befallen.

Der Begriff "sichtbare Asymmetrie" wurde neu definiert und die gehäufte Rechtskippung 59,1 % der Uncovertebralfortsätze - im Gegensatz zu einer Linkskippung von 40,9 % - diskutiert.

Abschließend kann gesagt werden, daß sowohl zwischen beiden Geschlechtern kein wesentlicher Unterschied im Auftreten von morphologischen Formabweichungen und degenerativen Veränderungen besteht, als auch die Häufigkeit der anatomischen Varianten und der degenerativen Verschleißerscheinungen entsprechend dem Alter zunimmt.

6. L I T E R A T U R V E R Z E I C H N I S

Albers, D.

Eine Studie über die Funktion der Halswirbelsäule bei dorsaler und ventraler Flexion. Fortschr. Röntgenstr. 81 (1954) 606

Aufdermaur, M.

Die Spondylosis cervicalis. In: Die Wirbelsäule in Forschung und Praxis, Bd. 17, hrsg. von H. Junghanns. Hippokrates, Stuttgart 1960

Bakke, S.N.

Röntgenologische Beobachtungen über die Bewegung der Wirbelsäule. Acta. radiol. (Stockholm), Suppl. 13 (1931)

Bardeleben, K.

Handbuch der Anatomie des Menschen Fischer/Jena 1896 - 1909

Barsony, Th. und Koppenstein, E.

Beitrag zur Aufnahmetechnik der Halswirbelsäule. Darstellung der Foramina intervertebralia. Röntgenpraxis 1 (1929) 245

Bartsch, W., A. Boroffka, E. Ketz

Von der Symptomatologie zur Genese des Halswirbelsäulen-Syndroms. Acta Neurovegitativa 10 (1955) 214

Bärtschi-Rochaix, W.

Migraine cervicale, das enzephale Syndrom nach Halswirbeltrauma. Huber, Bern 1949

Becker, R.

Die Altersverteilung der Spondylosis deformans im Röntgenbild. Ztsch. f. Altersforsch. Bd. 9, H. 1/2, (1954) 72

Benini, A.

Das kleine Gelenk der Lendenwirbelsäule zur Kenntnis seiner Funktion. Anatomie unter besonderer Berücksichtigung der meniscoiden Einschlüsse. Bern, Huber, 1978

Bente, P., E.E. Schmidt

Zur Klinik und Therapie der Krankheitsbilder der Osteochondrose der Halswirbelsäule. Medizinische 24 (1952) 818

Boijsen, E.

The cervical canal in intraspinal expansive processes. Acta radiol. (Stockholm) 42 (1954) 1o1

Borden, A., A.M. Rechtmann, J. Gershon-Conen

The normal cervical Lordosis. Radiology, 74 (196o) 8o6

Bowden R.E.

The applied anatomy of the cervical spine and brachial plexus. Proc. Roy. Soc. Med. (1966) 1141

Bradford, E.H.

Spinal Flexibility
Boston med. Surg. J. 187, (1922), 785

Bradner, M.E.

Normal values of the vertebral body and intervertebral disc index during growth. Amer. J. Roentgenol. Radium Ther Nucl. Med. 11o (197o) 618

Brocher, J.E.W.

Die Spondylose. Röntgenologie und Klinik. Schweiz. med. Wschr. (1955) 83o

Brocher, J.E.W.

Wirbelsäule. In: Lehrbuch der Röntgendiagnostik, Bd. III, hrsg. von H.R. Schinz, et al. 6. Aufl., Thieme, Stuttgart 1966

Brocher, J.E.W.

Die Wirbelsäulenleiden und ihre Differentialdiagnose. Thieme, Stuttgart 197o

Buetti-Bäuml, C.

Funktionelle Röntgendiagnostik der Halswirbelsäule. Thieme, Stuttgart 1954

Burrows, E.H.

The sagittal diameter of the vertebral canal in cervical spondylosis. Clin. Radiol. 14 (1963) 77

Cocchi, N.

Spondylosis deformans und Rheumatismus. Radiol. clin. 19 (1950) 351

Collins, D.H.

The pathology of articular and spinal diseases. E. Arnold & Co., London, 1949

Compere, E.L., M.O. Tachdjian, W.T. Kernahan

The Luschka Joints, their anatomy, physiologie and pathology. Orthopedics 1 (1959) 159

Cotta, H.

Orthopädie. Thieme, Stuttgart 1978

Decking, D., W. ter Steege

Röntgenologische Parameter der Halswirbelsäule im seitlichen Strahlengang. In: Die Wirbelsäule in Forschung und Praxis, Bd. 64, hrsg. von H. Junghann Hippokrates, Stuttgart 1975

Diethelm, L., W. Hoeffgen, u.a.

Handbuch der medizinischen Radiologie, Bd. VI, Röntgendiagnostik der Wirbelsäule Teil 1 - 3. Springer, Heidelberg, New York, Berlin 1974

Disse, J.

Wirbelsäule.In Bardeleben: Handbuch der Anatomie des Menschen, Bd. 1 Fischer/Jena 1896 - 1909

Dörfel, E.

Zur Standardisierung der Halswirbelaufnahmen. Röntgen-Lab.-Prax., S. 306 (1955)

Drexler, L.

Röntgenanatomische Untersuchung über Form und Krümmung der Halswirbelsäule in den verschiedenen Lebensaltern. In: Die Wirbelsäule in Forschung und Praxis, Bd. 23, hrsg. von H. Junghanns. Hippokrates, Stuttgart 1962

Ecklin, U.

Die Altersveränderungen der Halswirbelsäule. Springer, Berlin, Heidelberg, New York 1960

Elsberg, C.A., C.G. Dyke

Diagnosis and localization of tumors of spinal cord by means of measurements made on X-ray films of vertebrae, and correlation of clinical and X-ray findings. Bull. neurol. Inst. New York 3 (1934) 359

England, R.W.

The cervical spine: some clinical and practical considerations.
J. Am. Osteopath. Assoc. 71 (1971) 129

Epp, W.

Die Spondylosis deformans der Halswirbelsäule.
Med. Diss., Zürich 1950

Erdmann, H.

Die Funktionseinbuße durch Veränderungen an den Wirbelbogengelenken. In: Die Wirbelsäule in Forschung und Praxis, Bd. 52, hrsg. von H. Junghanns. Hippokrates, Stuttgart 1971

Erlacher, P.R.

Direkte Kontrastdarstellung des Nucleus pulposus, zugleich ein Beitrag zur Pathologie der Bandscheibe
Z. Orthop. 80 (1950) 40

Exner, G.

Die Halswirbelsäule, Pathologie und Klinik.
Thieme, Stuttgart 1954

Farfan, H.F.

Mechanical disorders of the low back.
Philadelphia, Lea and Febiger, 1973

Fick, R.

Handbuch der Anatomie und Mechanik der Gelenke.
1. Teil Anatomie der Gelenke. Fischer/Jena 1904

Fineman, S., F.J. Borelli, B.M. Rubinstein

The cervical spine: transformation of the neutral lordotic pattern into a linear pattern in the neutral posture.
J. Bone Joint Surg. (Amer.) 45 (1963) 1179

Fochem, K., J. Klumair

Atlas der röntgenologischen Meßmethoden.
Wien, New York 1976

Francis, C.C.

Certain changes in aged male white cervical spine.
Anat. Rec. 125 (1956) 783

Fried, K.

Die cervicale juvenile Osteochondrose.
Rö. Fortsch. Kladuo CSSR (1966)

Frykholm, R.

Lower cervical vertebrae and intervertebral discs. Surgical anatomy and pathology. Acta chir. scand. 102, 93 (1951)

Gantenberg, R.

Die Bedeutung deformierender Prozesse der Wirbelsäule unter Berücksichtigung der Verhältnisse bei Bergleuten. Fortschr. Röntgenstr. 39 (1930) 650

Gatzweiler, W.

Die Spondylchondrose der Halswirbelsäule. Z. f. Rheumaforsch. 14 (1955) 368

Giraudi, G.

Zit. n. Bärtschi-Rochaix (1949)

Güntz, E.

Die Erkrankung der Zwischenwirbelgelenke. Arch. orthop. Unfallchir. 34 (1934) 333

Güntz, E.

Wirbelsäule und Becken in Ruhe und Bewegung: In Handbuch der Orthopädie, Bd. II, Thieme, Stuttgart 1959

Hadley, L.A.

Roentgenographic studies of cervical spine. Amer. J. Roentgenol. 52 (1944) 173

Hadley, L.A.

The spine. Anatomic-radiographic-studies. Springfield: Charles C. Thomas 1957

Hafner, E., H.Ch. Meuli

Röntgenuntersuchung in der Orthopädie, Methode und Technik, 2. Aufl., Huber, Bern, Stuttgart, Wien 1976

Hildebrand, H.

Über die Osteochondrosis im Bereich der Wirbelsäule Fortschr. Röntgenstr. 47 (1933) 551

Holitsch, R.

Typische Anomalien am 5. C., 4. Lendenwirbelkörper Fortschr. Röntgenstr. 42, 60, Kongreßh. (1930)

Hurxthal, L.M.

Measurement of anterior vertebral compressions and biconcave vertebrae. Am. J. Roentgenol. Radium ther. Nucl. Med. 103, 3, 635, 1968

Inman, V.T., I.B. Saunders

Anatomico-physiological aspects of injuries to intervertebral disc. J. Bone & Joint Surg. 29 (1947) 461

Ishihara, A.

Röntgenologische Untersuchungen über die Beweglichkeit der Halswirbelsäule normaler Personen (1964). Zit. n. H. Markuske 1971

Jirout, J.

Neuroradiologie
Verlag Volk und Gesundheit, Berlin 1966

Junghanns, H.

Die Randleisten der Wirbelkörper im Röntgenbild. Fortschr. Röntgenstr. 42 (1930) 333

Junghanns, H.

Die funktionelle Pathologie der Zwischenwirbelscheiben. Langenbecks Arch. Klin. Chir. 267 (1951) 393

Junghanns, H.

Therapie des Rücken- und Kreuzschmerzes. Pathologisch-anatomische Grundlagen für die Röntgendiagnostik der Wirbelsäulenleiden. Therapiewoche 2, 1952

Junghanns, H.

Die funktionelle Röntgenuntersuchung der Halswirbelsäule. Fortschr. Röntgenstr. 76 (1952) 591

Junghanns, H.

Die Wirbelsäule in Forschung und Praxis, Referatenabend 1974/I und 1974/II, "Fünfzig Jahre Wirbelsäulenforschung", Bd. 63, Hippokrates, Stuttgart 1975

Junghanns, H., G. Schmorl

Die gesunde und kranke Wirbelsäule in Röntgenbild und Klinik. Thieme, Stuttgart 1968

Junghanns, H.

Pathologie und Klinik der Okzipito-Zervikal-region. In: Wirbelsäule in Forschung und Praxis, Bd. 76, hrsg. von H. Junghanns, Hippokrates, Stuttgart 1978

Kapandji, I.A.

Physiologie articulaire.
Vol. III Maloine, Paris 1972

Kellegren, J.H.

Osteoarthrosis in patients and populations.
Brit. med. J. 1961/II, 1-6

Keyes, D.C., E.C. Compere

The normal and pathological physiology of the nucleus pulposus of the intervertebral disc. An anatomical, clinical and experimental study.
J. Bone Surg. Am Ed. 14 (1932) 897

Kloiber, H.

Fehlerquelle bei Röntgenaufnahme der Wirbelsäule.
Fortschr. Röntgenstr. 35 (1926) 451

Kovâcs, A.

Röntgendarstellung und Diagnostik der cervicalen Zwischenwirbellöcher.
Röntgenpraxis 10 (1938) 479

Kovâcs, A.

Praktische Bewertung der Schrägaufnahmen in der Wirbelsäulenröntgenologie.
Röntgenpraxis 13 (1941) 287

Krahl, B., D. Gwizdek

Das Cervical-Syndrom. Klinische und röntgenologische Nachuntersuchungsstudie mit statistischer Auswertung. Entwicklung von Intersegmentalwinkel und Lordosewinkelmessungen.
Med. Diss. Düsseldorf 1980

Krämer, J.

Bandscheibenbedingte Erkrankungen.
Thieme, Stuttgart 1978

Köhler A., E.A. Zimmer

Grenzen des Normalen und Anfänge des Pathologischen im Röntgenbild des Skeletts.
Thieme, Stuttgart 1967

Krogdahl, T., O. Torgersen

Uncovertebral-Gelenk und Arthrosis deformans uncovertebralis. Acta radiol. 21 (1940) 231

Kuhlendahl, H., W. Kunert

Röntgenologisch-klinische Studien zur Pathologie der Halswirbelsäule. Medizinische 43 (1954) 449

Kuhlendahl, H., W. Kunert

Röntgenologisch-klinische Studien zur Pathologie der Halswirbelsäule. Medizinische 45 (1956) 1596

Kuhlendahl, H., W. Kunert

Der Aussagewert des Röntgenbildes der Halswirbelsäule. In: Die Wirbelsäule in Forschung und Praxis, Bd. 28, hrsg. von H. Junghanns. Hippokrates, Stuttgart 1964

Kunert, W.

Wirbelsäule und Innere Medizin.
2. Aufl. Enke, Stuttgart 1975

Lange, M.

Die Wirbelgelenke.
1. und 2. Aufl. Enke, Stuttgart 1934 und 1936

Leger, W.

Die statischen Bedingungen der Spondylose.
Verh. Dtsch. Orthop. Ges. 45 (1958) 98

Lenz, G.

Zur Form- und Funktionsproblematik der unteren Halswirbelsäule. Eine morphologische, experimentelle und klinisch-radiologische Studie.
Med. Habilitationsschrift, Düsseldorf 1981

Leubner, H.

Die Arthritis deformans der kleinen Wirbelgelenke.
Zschr. Orthop. 65 (1936) 42

Lewit, K.

Funktionelle Röntgendiagnostik der Wirbelsäule - eine Frage der Interpretation. In: Die Wirbelsäule in Forschung und Praxis, Bd. 28, hrsg. von H. Junghanns. Hippokrates, Stuttgart 1964

Lewit, K.

Manuelle Medizin im Rahmen der medizinischen Rehabilitation. München, Urban & Schwarzenberg 1977

Liechti, A.

Die Röntgendiagnostik der Wirbelsäule und ihre Grundlagen. Springer, Berlin, Wien 1944 und 1948

Luschka, H.

Die Halbgelenke des menschlichen Körpers. Berlin: Reimer 1858

Markuske, H.

Untersuchungen zur Statik und Dynamik der kindlichen Halswirbelsäule. Der Aussagewert seitlicher Röntgenaufnahmen. In: Die Wirbelsäule in Forschung und Praxis, Bd. 50, hrsg. von H. Junghanns. Hippokrates, Stuttgart 1971

Martin, R., K. Saller

Lehrbuch der Anthropologie. Bd. I und II, Gustav Fischer, Stuttgart 1957 und 1959

Marušiak, J.

Dependence of osteochondrosis of the spine and of discogenous syndrome on the character of work. Acta Univ. Carol. Med. 6 (1960) 109

Muntean, E.

Zur Frühdiagnose der Lockerung im zervikalen Bewegungssegment. Fortschr. Röntgenstr. 77 (1952) 553

Ober, G.

Über "Spondylosis deformans" der Halswirbelsäule. Dtsch. Z. Chir. 246 (1936) 666

Orofino, C., M.S. Sberman, D. Schechter

Luschka's Joint - A Degenerative Phenomenon J. Bone Joint Surg. Vol. 42-A, 1960

Payne, E.E., J.D. Spillane

The cervical spine; an anatomico-pathological study of 70 specimens with particular reference to the problem of cervical spondylosis. Brain 80 (1957) 571

Pichler, A.

Anatomische und röntgenologische Studien über die Intervertebralkanäle der Halswirbelsäule. Fortschr. Röntgenstr. 83 (1955) 638

Pope, M.H., E.N. Hanley, R.E. Matteri, D.G. Wilder, J.W. Frymoyer

Measurement of Intervertebral Disc Space Height. Spine · Voloume 2 · Nr. 4 (1977)

Pschirrer, M.

Vermessung an der Halswirbelsäule. Med. Diss., Frankfurt 1968

Rathcke, L.

Zur normalen und pathologischen Anatomie der Halswirbelsäule. Dtsch. Z. Chir. 242 (1933) 122

Reischauer, F.

Zur Entstehung der Bandscheibendegeneration der Wirbelsäule. Dtsch. med. Wschr. 78 (1953) 1036

Rizzi, M.A.

Untersuchungsmethoden zur Beurteilung der Haltung. Zschr. f. Präventivmed. 18 (1973) 102

Rizzi, M.A.

Die menschliche Haltung und die Wirbelsäule. In: Die Wirbelsäule in Forschung und Praxis, Bd. 85, hrsg. von H. Junghanns. Hippokrates, Stuttgart 1979

Rôka, G., G. Gaizler jr.

Tomographie der Foramina intervertebralia der Halswirbelsäule als Routinemethode. Zschr. ärztl. Fortbild. 50 (1956) 934

Rübe, W., G.A. Schulte

Die degenerativen Erkrankungen der Wirbelsäule. In: Handbuch der medizinischen Radiologie, Bd. VI/2, hrsg. von L. Diethelm, W. Hoeffgen u.a. Springer, Heidelberg, New York, Berlin 1974

Sachs, L.

Statistische Auswertungsmethoden, 2. Aufl. Springer, New York, Heidelberg, Berlin 1969

Säker, G.

Zur Genese des Halswirbelsäulensyndroms.
Der Nervenarzt 9 (1952) 333

Saternus, K.-S.

Die Verletzung von Halswirbelsäule und Weichteilen. In: Die Wirbelsäule in Forschung und Praxis, Bd. 84, hrsg. von H. Junghanns, Hippokrates, Stuttgart 1979

Sèze, de S., A. Djian, M. Abdemoula

Röntgenologische Untersuchungen der Dynamik der Halswirbelsäule in der Sagittalebene.
Rev. Rhum. 18 (1951) 111

Singelmann, D.

Verschleißerscheinungen der Halswirbelsäule in verschiedenen Altersgruppen.
Med. Diss., Düsseldorf 1972

Spurling, R.G.

Lateral Intervertebral Disc Lesions in the Lower Cervical Region.
J. Amer. Med. Ass. 151 (1953) 354

Süsse, H.J.

Die Chondrose der Halsbandscheiben, ihre Häufigkeit und röntgenologische Erfassung.
Zschr. f. Altersforsch. 9 (1955/56) 82

Schiebler, T.H.

Lehrbuch der gesamten Anatomie des Menschen.
Springer, Heidelberg, New York, Berlin 1977

Schingnitz, D.

Randzacken der Halswirbelsäule.
Arch. orthop. Chir. 32 (1932) 356

Schinz, H.R., W.E. Baensch u.a.

Lehrbuch der Röntgendiagnostik in 5 Bänden.
Bd. 3: Wirbelsäule, Schädel, Nervensystem, Augen, Schläfenbein, Nasennebenhöhlen, Zähne und Kiefer. Tropische Erkrankungen, 6. Aufl.
Thieme, Stuttgart 1966

Schlegel, K.F.

Das Röntgenbild der unspezifisch-deformierenden Veränderungen an der Halswirbelsäule.
In: Die Wirbelsäule in Forschung und Praxis, Bd. 28, hrsg. von H. Junghanns. Hippokrates, Stuttgart 1964

Schlüter, K.

Form und Struktur des normalen und des pathologisch veränderten Wirbels. In: Die Wirbelsäule in Forschung und Praxis, Bd. 30, 1965

Schminke, A., E. Santo

Zur normalen und pathologischen Anatomie der Halswirbelsäule.
Zbl. Pathol. 55 (1932) 369

Schmorl, G.

Über die an den Wirbelbandscheiben vorkommenden Ausdehnungsvorgänge und die dadurch an ihnen und der Wirbelspongiosa hervorgerufenen Veränderungen.
Verh. dtsch. path. Ges. 22 Tg. 250 (1926)

Schmorl, G.

Zur pathologischen Anatomie der Lendenbandscheibe.
Klin. Wschr. 2 (a, 1932) 1369

Schmorl, G.

Über die gesunde und kranke Wirbelsäule mit besonderer Berücksichtigung der Bandscheiben.
Genesk. Bl. 30 (b, 1932) 181

Schön, D.

Röntgenologische Untersuchungen über die Morbidität der Halswirbelsäule und deren klinische Wertigkeit.
Klin. Wschr. 34 (1956) 1083

Schüller, J.

Ätiologie und Verlauf der sogenannten Spondylosis cervicalis. Zbl. f. Chir. 79 (1954)

Schwarz, G.S.

The width of the spinal canal in the growing vertebrae with special reference to the sacrum.
Am. J. Röntgenol. 76 (1956) 476

Tepe, H.J.

Die Häufigkeit osteochondrotischer Röntgenbefunde der Halswirbelsäule bei 400 symptomfreien Erwachsenen.
Fortschr. Röntgenstr. 85 (1956) 659

Thoma, E.

Die Zwischenwirbellöcher im Röntgenbild, ihre normale und pathologische Anatomie.
Zschr. Orthop. 55 (1931) 115

Töndury, G.

Beitrag zur Kenntnis der kleinen Wirbelgelenke.
Zschr. Anat. 110 (1940) 568

Töndury, G.

Zur Anatomie der Entwicklungsgeschichte.
Zschr. Anat. Entw. gesch. 112 (1943) 448

Töndury, G.

Zur Entwicklung funktioneller Strukturen im Bereich der Zwischenwirbelscheiben.
Schweiz. med. Wschr. 77 (1947) 643

Töndury, G.

Anatomie und Entwicklungsgeschichte der Wirbelsäule mit besonderer Berücksichtigung der Altersveränderungen der Bandscheibe.
Schweiz. med. Wschr. 825 (1955)

Töndury, G.

Entwicklungsgeschichte und Fehlbildungen der Wirbelsäule. In: Die Wirbelsäule in Forschung und Praxis, Bd. 7, hrsg. von H. Junghanns.
Hippokrates, Stuttgart 1958

Trolard

Zit. n. Exner (1954)

Weber, W.

Weber's Ges. Werke, Bd. 6, Berlin 1894

White, A.A., III, M.M. Panjabi

Clinical Biomechanics of the Spine.
Spine 3 : 12, 1978

Wolf, B.S., M. Khilnani, L. Malis

The sagittal diameter of the bony cervical spinal canal and its significance in cervical spondylosis.
J.Mt. Sinai Hosp. 23 (1956) 283

Zaunbauer, W.

Röntgenanatomie der Wirbelsäule. Im Handbuch der medizinischen Radiologie, Bd. VI/1, hrsg. von L. Diethelm, W. Hoeffgen u.a., Springer, Heidelberg, New York, Berlin 1974

Zuckschwerdt, L., E. Emminger, F. Biedermann, H. Zettel

Wirbelgelenk und Bandscheibe.
Hippokrates, Stuttgart 1955

Anhang

M e ß p r o t o k o l l Blatt 1

1,2: Sektionsnummer: ....

3: Wirbelkörper: 3 4 5 6 7 8(Th1)

4,5: Alter: .....

6: Geschlecht: 1 männlich 2 weiblich

..... Datum

EDV-Karte Nr. 1

7-11: Beurteilung des RÖNTGENBILDES

a) a.-p.-Aufnahme:	7: achsengerecht:	1 nein	2 ja
	8: Seitausbiegung:	1 nein	2 rechts / 3 links
b) Seitbild:	9: achsengerecht:	1 nein	2 ja
c) Schrägbild:	10: achsengerecht: (rechts)	1 nein	2 ja
	11: achsengerecht: (links)	1 nein	2 ja

12-25: W I R B E L K Ö R P E R

Höhe	Breite	Tiefe
rechts: 12,13:....	Deckplatte : 18,19:....	Deckplatte : 22,23:....
mitte : 14,15:....	Bodenplatte: 20,21:....	Bodenplatte: 24,25:....
links : 16,17:....		

26-37: U V G

Höhe	Abstand
rechts vorn: 26,27:....	vorne: 30,31:....
links vorn : 28,29:....	

Sichtbare Asymmetrie: 32: 1 nein 2 ja

rechts: 33:	1 gerade	2 gekippt
links : 34:	1 gerade	2 gekippt

Arthrot. Randreaktionen

rechts: 35:	1 nein		links: 36:	1 nein	
	2 leicht			2 leicht	
	3 mittel			3 mittel	
	4 stark			4 stark	

Bemerkungen: Maßangaben in mm

..... Datum

EDV-Karte Nr. 1

38,39: SPONDYLOSE

38: Deckplatte		39: Bodenplatte
1	nein	1
2	leicht	2
3	mittel	3
4	stark	4

40,41: WIRBELKANALDURCHMESSER

40,41: ..... (größter Sagittaldurchmesser)

42: Zwischenwirbelsegment

C2/3 ;	C3/4 ;	C4/5 ;	C5/6 ;	C6/7 ;	C7/Th1
1	2	3	4	5	6

43-49: ZWISCHENWIRBELABSCHNITT

Höhe		Chondrose - Osteochondrose	
rechts: 43,44:		1	nein
mitte : 45,46:	49:	2	leicht
links : 47,48		3	mittel
		4	stark

50-57: ZWISCHENWIRBELLOCH (größter Durchmesser)

horizontal	vertikal
rechts: 50,51:	rechts: 54,55: .....
links : 52,53:	links : 56,57: .....

58-62: INTERSEGMENTALWINKEL

58,59,60,61,62: ..... (Grad)

Bemerkungen: Maßangaben in mm bzw. in Winkelgrad

..... Datum

EDV-Karte Nr. 1

63,64: Intervertebral-Arthrose

63: rechts		64: links
1	nein	1
2	ja	2

65: Segmente der Lordosemessung

C2-C3	C3-C5	C4-C6	C5-C7
1	2	3	4

66,67: Lordosewinkel ..... (Grad)

Bemerkungen: Maßangaben in Winkelgrad

Herrn Privatdozent Dr. G. Lenz möchte ich für die freundliche Überlassung des Themas und die tatkräftige Unterstützung bei der Durchführung meiner Arbeit danken.

Lebenslauf

Name:	Norbert Verbeek
geboren:	3. Juli 1950 in Paderborn/Nordrhein-Westfalen
Vater:	Dipl.-Ing. Bauassessor Hans Verbeek
Mutter:	Dipl.-Volkswirt Liselotte Verbeek geb. Nonn
Schulen:	2.5.1957 - 31.3.1961 Volksschule Burgunderschule Neuss
	1.4.1961 - 27.6.1970 Staatl. Quirinus-Gymnasium Neuss
Berufsausbildung:	1.9.1970 - 31.8.1972 Praktikantentätigkeit im zahntechnischen Labor
	1.9.1972 - 25.1.1975 Ausbildung zum Zahntechniker
	25.1.1975 Gesellenprüfung
Berufsausübung:	1.2.1975 - 30.9.1977 Tätigkeit im zahntechnischen Labor
Studium:	Seit 1.10.1977 Zahnmedizinische Fakultät der Universität Düsseldorf
Studienbezogene Zwischenprüfungen:	24.8.1978 naturwissenschaftliche Vorprüfung
	22.2.1980 zahnärztliche Vorprüfung